



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

**“DISEÑO DE SISTEMA EOLICO PARA SUMINISTRAR ENERGIA ELECTRICA
EN LA HACIENDA EL TRIUNFO - LA LIBERTAD, 2018”**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTOR:

JORGE LUIS RAMOS CORREA

ASESOR:

ING. JAMES ZELADA PADILLA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

CHICLAYO – PERÚ

2018



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
DIRECCIÓN ACADÉMICA
Rojas Coronel Ángel Marcelo
SECRETARIO

ACTA DE SUSTENTACION

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 4:00pm horas del día 22 de febrero del 2019, de acuerdo a los dispuesto por la resolución de dirección de investigación N°0355-2019/UCV-CH, de fecha 20 de febrerode 2019, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada: **"DISEÑO DE SISTEMA EOLICO PARA SUMINISTRAR ENERGIA ELECTRICA EN LA HACIENDA EL TRIUNFO - LA LIBERTAD, 2018"** presentado por el bachiller RAMOS CORREA JORGE LUIS, con la finalidad de obtener el título de Ingeniero mecánico Electricista, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

Presidente : Ing. Ing. Fredy Dávila Hurtado
Secretario : Ing. James Skinner Celada Padilla
Vocal : Ing. Ángel Marcelo Rojas Coronel

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

APROBAR POR MAYORIA

Siendo las 4:40 del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 22 de febrero de 2019

Ing. Dávila Hurtado Fredy
Presidente

Ing. Celada Padilla James Skinner
Secretario

Ing. Rojas Coronel Ángel Marcelo
Vocal

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Chiclayo Pimental Km. 3.5
Tel.: (074) 481632 / Anexo: 5514



DEDICATORIA

A mis padres, porque creyeron en mí, dándome buenos ejemplos dignos de superación y entrega, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va para ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho por mí. Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

Jorge Luis

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por la vida de mis padres, también porque cada día bendice mi vida con la hermosa oportunidad de estar y disfrutar al lado de las personas que sé que más me aman, y a las que yo sé que más amo en mi vida, gracias a Dios por permitirme amar a mis padres, gracias a mis padres por permitirme conocer de Dios y de su infinito amor. Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de esta tesis.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

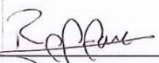
Yo, **JORGE LUIS RAMOS CORREA**, estudiante de la escuela profesional de ingeniería mecánica eléctrica, identificado con DNI N° 70910366, con la tesis titulada **"Diseño de Sistema Eólico para suministrar energía eléctrica en Hacienda El Triunfo-La Libertad, 2018"**

Declaro que:

- La tesis es veraz de mi propia autoría
- He respetado las normas, ISO para las referencias. Por tanto, este proyecto de tesis es totalmente autentica.
- En los procedimientos realizados no ha tenido auto plagio; es decir, un duplicado de otras tesis.
- Los correspondientes datos de los resultados son verdaderos, acorde a la realidad investigativa.

De tal manera si se identificara alguna falta, auto plagio y falsedad, me someto a las normas establecidas vigentes de la Universidad Cesar Vallejo.

Chiclayo, marzo del 2019



DNI: 70910366

PRESENTACION

Ante ustedes señores miembros del jurado la presente tesis que conlleva por título:

“DISEÑO DE SISTEMA EOLICO PARA SUMINISTRAR ENERGIA ELECTRICA EN LA HACIENDA EL TRIUNFO - LA LIBERTAD, 2018”

En los últimos años, los gobiernos de turno, han realizado millonarias inversiones en la infraestructura eléctrica en el ámbito rural del Perú, incrementando significativamente el coeficiente de electrificación rural desde valores menores al 40% hasta valores superiores al 80%; ésta inversión ha motivado el mejoramiento del estilo de vida de la población rural, así como también mayor acceso a la educación; sin embargo falta aún un pequeño porcentaje de comunidades alejadas que no tienen acceso a la energía eléctrica.

Estas comunidades, no están dentro del plan nacional de electrificación rural (PNER), por lo tanto el acceso a éste servicio no será por el momento del sistema eléctrico interconectado nacional; teniendo que tener alternativa de generación eléctrica.

Las alternativas de generación eléctrica, son la energía solar, la energía eólica y la energía de la biomasa; en la localidad en donde se plantea el presente estudio, las velocidades del viento son fuertes, y en las mediciones realizadas, éstas superan el valor en algunas ocasiones a los 6m/s, siendo su valor promedio superior a los 5m/s, lo cual hace posible que se pueda hacer un estudio de la factibilidad técnica y también económica de utilizar la conversión energética a partir de la velocidad del viento.

ÍNDICE

ACTA DE SUSTENTACION.....	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACION	vi
ÍNDICE	vii
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE TABLAS	x
INDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN.	14
1.2. Realidad problemática:	14
1.2. Trabajos previos.	19
1.3. Teorías relacionadas al Tema.....	22
1.4. Formulación del Problema	35
1.5. Justificación del Estudio	36
1.6. Hipótesis.....	37
1.7. Objetivos	37
1.7.1. Objetivo General.....	37
1.7.2. Objetivos Específicos.....	37
II. METODO.....	38
2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	38
2.2. VARIABLES OPERACIONALIZCIÓN.....	38
2.3. Población y Muestra.....	40
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	40
2.5 Métodos de análisis de datos.....	41
2.6 Aspectos éticos.....	41

III. RESULTADOS.....	42
VI. DISCUSIÓN.....	93
V. CONCLUSIONES	94
VI. RECOMENDACIONES.....	95
ANEXOS	96
ACTA DE ORIGINALIDAD DE TESIS.....	
AUTORIZACION DE PUBLICACION DE TESIS.....	
AUTORIZACION DE LA VERSION FINAL DE TRABAJO DE INVESTIGACION..	
REPORTE DEL TURNITING.....	

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de la electrificación rural en Países de América Latina	14
Figura 3. Evolución del coeficiente.....	17
Figura 4. Turbina Eólica	23
Figura 5. Geometría del aerogenerador	24
Figura 6. Tipos de aerogeneradores	25
Figura 7. Elementos del sistema eólico	28
Figura 8. Triángulo	33
Figura 9. Ubicación	42
Figura 9. Diagrama de Carga	49
Figura 10. Evolución de la velocidad	55
Figura 11. Intersección de la curva	74
Figura 12. Circuito eléctrico	77
Figura 13. Diagrama fasorial	77
Figura 14. Distribución de los imanes	78
Figura 15. Geometría del ala	82
Figura 16. Flujo de caja	86
Figura 17. Evolución financiera	92
Figura 18. Aerogenerador	98
Figura 19. Componentes electromecánicos	99
Figura 20. Componentes electromecánicos	100
Figura 21. Alternador	100
Figura 22. Soporte del aerogenerador	101

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Inversiones y metas.....	15
Tabla2. Generación eléctrica.....	16
Tabla3. Recurso energético	16
Tabla 4. Operacionalización de Variables	39
Tabla 5. Cargas eléctricas.....	43
Tabla 6. Tiempo de funcionamiento	44
Tabla 7. Máxima demanda.....	46
Tabla 8. Consumo de energía	47
Tabla 9. Consumo de energía	51
Tabla 10. Proyección del consumo	53
Tabla 11. Resultados de medición	55
Tabla 12. Velocidad del viento.....	57
Tabla 13. Velocidad del viento	58
Tabla 14. Velocidad del viento	59
Tabla 15. Velocidad del viento	60
Tabla 16. Velocidad del viento	61
Tabla 17. Velocidad del viento	62
Tabla 18. Velocidad del viento	63
Tabla 19. Velocidad del viento	64
Tabla 20. Velocidad del viento	65
Tabla 21. Velocidad del viento	66
Tabla 22. Distribución de Weibull	68
Tabla 23. Análisis Weibull	69
Tabla 24. Distribución de Weibull	70
Tabla 24. Análisis probabilístico	71
Tabla 26. Costo de la Inversión.....	84
Tabla 27. Flujo de Caja	85
Tabla 28. Valor Actual Neto.....	87
Tabla 29. Tasa Interna de Retorno.....	89
Tabla 30. Cuadro de amortización	90

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Guía De Observación.	96
Anexo 2. Guía De Observación.	97
Anexo 3. Autorización de publicación.	102
Acta de Originalidad de Tesis.....	102
Autorizacion de Publicación de Tesis.....	103
Autorización de la Versión Final de Trabajo de Investigación.....	104

RESUMEN

El presente proyecto de investigación denominado: DISEÑO DE SISTEMA EOLICO PARA SUMINISTRAR ENERGIA ELECTRICA EN LA HACIENDA EL TRIUNFO - LA LIBERTAD, 2018", está enmarcado dentro de las políticas de uso de energía renovables no convencionales que el Estado Peruano a través del Ministerio de Energía y Minas incentiva en todo el ámbito de territorio del Perú, y de esa manera modificar la matriz energética.

El objeto de estudio es la conversión energética de la energía cinética del viento en energía eléctrica en los bornes de un alternador; en principio se hace la evaluación de la máxima demanda actual y la proyección para 20 años de la población de la Hacienda El Triunfo en La Libertad, en ella se pudo determinar que la máxima demanda por vivienda es de 378 Watt y el consumo de energía por día de 1974 Watt – Hora, y en el centro Poblado la máxima demanda es de 4817 Watt – Hora y el consumo de energía diario de 25492 Watt – hora.

Así mismo en la evaluación del potencial eólico, se determinó mediante mediciones a 10 y 12 metros de altura entre las 04.00 y 17 horas del día, que en este periodo la velocidad del viento es inferior a los 4m/s, incluso llegando a menos de 2 m/s a las 12.00 y 13.00 horas, sin embargo, en el periodo entre las 18.00 y 04.00 horas, la velocidad del viento supera los 6m/s inclusive. Mediante el análisis probabilístico de Weibull se determinó que la velocidad de diseño es de 5.43m/s. Se selecciona un aerogenerador con dicha velocidad (7.3m/s) de una potencia de 7000 Watt y de 300 RPM de giro.

Finalmente, el análisis económico muestra una tasa interna de retorno de 3% mensual, y una relación beneficio costo de 1.50, que indican que es factible la ejecución del proyecto.

Palabras Claves: Energía Cinética, Aerogenerador, Análisis de Weibull.

ABSTRACT

The present research project called: DESIGN OF A WIND POWER SYSTEM TO SUPPLY ELECTRIC ENERGY IN THE HACIENDA EL TRIUNFO - LA LIBERTAD, 2018 ", is framed within the non-conventional renewable energy use policies that the Peruvian State through the Ministry of Energy and Minas encourages throughout the territory of Peru, and thus modify the energy matrix.

The object of study is the energetic conversion of the kinetic energy of the wind into electrical energy in the terminals of an alternator; In principle the evaluation of the current maximum demand and the projection for 20 years of the population of the Hacienda El Triunfo in La Libertad is made, in it it was possible to determine that the maximum demand for housing is 378 Watt and the energy consumption by Day of 1974 Watt - Hour, and in the town center the maximum demand is 4817 Watt - Hour and the daily energy consumption of 25492 Watt - hour.

Also in the evaluation of the wind potential, it was determined by measurements at 10 and 12 meters high between 04.00 and 17.00 hours of the day, that in this period the wind speed is lower than 4m / s, even reaching less than 2 m / s at 12.00 and 13.00, however in the period between 18.00 and 04.00 hours, the wind speed exceeds 6m / s inclusive. Through the probabilistic analysis of Weibull it was determined that the design speed is 5.43m / s. A wind turbine with this speed (7.3m / s) with a power of 7000 Watt and 300 RPM of rotation is selected.

Finally, the economic analysis shows an internal rate of return of 3% per month, and a cost benefit ratio of 1.50, which indicates that the execution of the project is feasible.

Key Words: Kinetic Energy, Wind Turbine, Weibull Analysis.

I. INTRODUCCIÓN.

1.2. Realidad problemática:

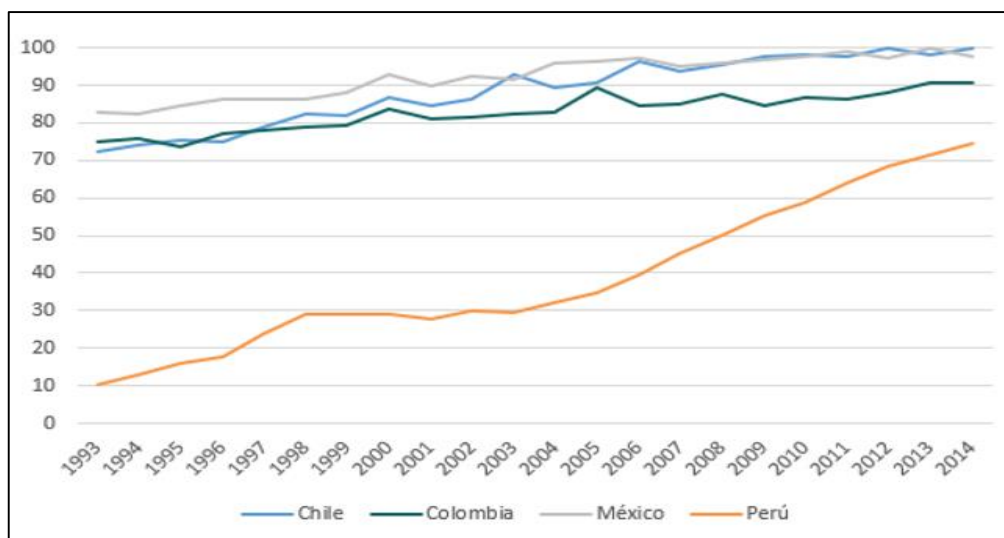
A nivel internacional.

“En el año 2014 la población en Colombia fue de 48,93 millones de habitantes, de los cuales el 3% no tiene acceso a la electricidad, con mayor incidencia en el sector rural, y por ende al desarrollo tecnológico” (Banco Mundial, 2014).

En la Figura 1, se puede apreciar que el coeficiente de electrificación se ha incrementado en muchos países Latinoamericanos desde el 7º y 80% hasta el 95 y 98%, sin embargo no se llega al 100% de electrificación, debido a muchos factores, siendo entre ellos, el difícil acceso a las redes eléctricas, la baja densidad poblacional, el estilo de vida del poblador rural entre otros; en el caso de Colombia y México, la población rural, realiza aún actividades económicas, en las cuales no utilizan la energía eléctrica para accionar sus mecanismos de transformación de materia prima. (Cooperación Andina de Fomento, 2014)

Figura 1

Fuente: Cooperación Andina de Fomento CAF, 2014



Evolución de la electrificación rural en Países de América Latina

La electrificación rural pretende mejorar las condiciones de vida y disminuir la

inequidad social. Bajo dicha premisa, analizamos seguidamente el acceso a la electricidad como una oportunidad para alcanzar el Buen Vivir y generar desarrollo rural en Ecuador. (Mendieta, 2015).

A nivel nacional.

Desde el año 2006 se viene implementando el “Proyecto de Mejoramiento de Electrificación Rural mediante Fondos Concursables -FONER”; cuyo esquema está basado en el otorgamiento de Fondos Concursables, para subsidiar parcialmente con recursos del Estado, la inversión en proyectos de Electrificación Rural. Bajo este modelo, los promotores de Electrificación Rural (Empresas de distribución eléctrica públicas y privadas) concursan por fondos, presentando proyectos socialmente rentables dentro de sus respectivos ámbitos, los mismos que son sometidos a una evaluación económico-financiera para determinar el porcentaje de subsidio que necesita cada uno de estos proyectos.

Tabla 1

Fuente: FONER, 2013

INVERSIONES Y METAS		
N°	PROYECTO	PERIODO 2013-2022
I	INVERSIONES	Millones de Soles
1	LINEAS DE TRANSMISIÓN	190,4
2	SISTEMAS ELÉCTRICOS RURALES	3 205,4
3	CENTRALES HIDROELÉCTRICAS	132,4
4	MODULOS FOTOVOLTAICOS	734,3
5	CENTRALES EOLICAS	106,4
6	OBRAS EMPRESAS ELECTRICAS	880,0
	TOTAL INVERSIONES	5 248,9
II	METAS	
	POBLACIÓN BENEFICIADA (Habitantes)	6 221 577

Inversiones y metas de Electrificación Rural en el Perú

Tabla2

Fuente: COES, 2017

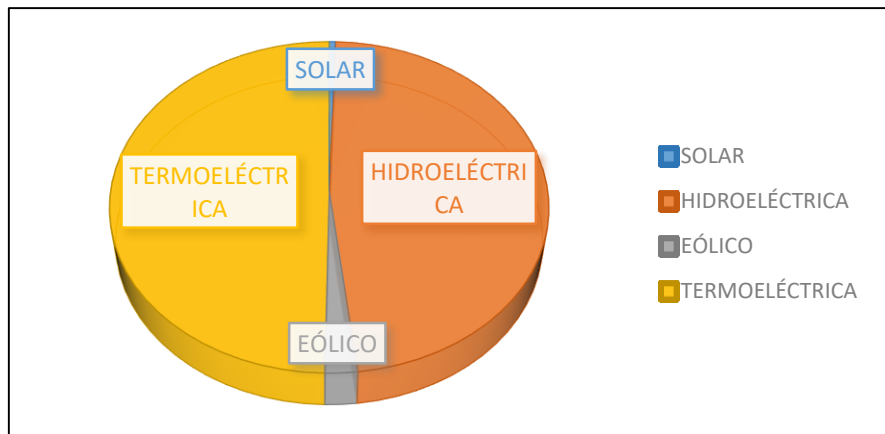
GENERACIÓN ELÉCTRICA SEIN AÑO 2016		
Tipo de Recurso	GWh	Participación en %
SOLAR	241.8	0.50
HIDROELÉCTRICA	23009.6	47.61
EÓLICO	1054.1	2.18
TERMOELÉCTRICA	24020.84	49.71
Total	48326.34	100

Generación eléctrica por tipo de fuente

En la tabla 3, se puede observar que las energías que tienen como tipo de recurso solar y eólica juntas no llegan al 3% de su participación, siendo muy relegadas por las energías hidroeléctricas y termoeléctricas; sin embargo ésta realidad del año 2016 es muy diferente a la de hace 20 años, en donde la generación con paneles fotovoltaicos y turbinas eólicas, no tenían participación en la matriz energética del Perú.

Tabla3

Fuente: COES, 2017

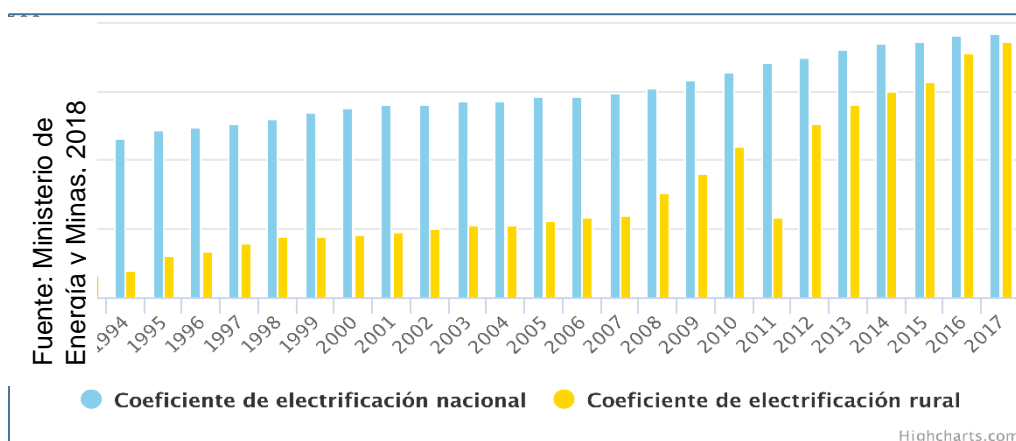


Participación de cada tipo de recurso energético en la generación eléctrica en Perú.

En la figura 2, la participación de la energía eólica supera a la energía solar, en casi el doble de la cantidad de energía producida; la energía del viento, tiene un potencial aún no aprovechado, siendo muchos motivos por los que no permiten su desarrollo competitivo con las energías de índole hidroeléctrico y termoeléctrico, entre los cuales el mas significativo es el precio no competitivo de la energía producida, a pesar de los incentivos que el Estado Peruano, a través del Ministerio de Energía y Minas, para la inversión privada, en algunos casos subsidiando impuestos, costos y reglamentación. (Ministerio de Energía y Minas, 2016, p.4)

Los coeficientes de electrificación de acuerdo con los resultados del censo del año 1993 fueron: Nacional 54.9%, Urbano 77% y Rural 7.7%. De acuerdo con los resultados del censo del año 2007 se tienen los siguientes valores: Nacional 74.1%, Urbano 89.1% y Rural 29.5%. Al finalizar el año 2012, se han estimado las siguientes coberturas: Nacional 87,2% y Rural 63%. Con la finalidad de revertir esta situación, el Estado a través del Ministerio de Energía y Minas ha venido ejecutando el programa de electrificación rural, utilizando para ellos diversas tecnologías aplicable a esa realidad, sobre la base de una selección de fuentes de energía, las mismas que consideran en primer término la extensión de redes del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y/o la de los Sistemas Aislados (SSAA), a partir de las cuales se desarrollan los Sistemas Eléctricos Rurales (SER's).

Figura 2



Evolución del coeficiente de electrificación rural en términos porcentuales

Durante el año 2016, la generación termoeléctrica tuvo la mayor participación en el abastecimiento de la demanda de energía, con un 49,7 % del total, seguida por la generación hidroeléctrica con un 47,6 %. En forma complementaria, mediante la energía eólica fue de 2,2 % y la solar con 0,5 % del total producido.

A Nivel local.

En la localidad “El Triunfo, ubicado en la Provincia de Bolívar, Departamento de La Libertad, la población nunca ha tenido acceso a la energía eléctrica, debido a que se encuentra en un lugar donde el acceso es complejo, y el punto más cercano de las líneas de transmisión se encuentran ubicados a unos 35 Km; el tiempo para llegar al lugar desde la capital de la Provincia es de 6 horas a pie, sin acceso a carreteras.

La población de ese lugar, en donde las viviendas están dispersas, sólo encontrándose grupos de entre 3 y 4 viviendas unidas, se dedica a la actividad de la ganadería, con poca actividad agrícola, solo pastos naturales; los colegios del lugar son estatales, presentando alumnos de diferentes grados en una misma aula, sin acceso a energía eléctrica.

Los medios de comunicación que cuentan se limitan básicamente a la Radio, que es utilizada como medio de información entre los lugareños que salen o llegan a esos lugares; éstos receptores operan con batería (pilas), que no son recargables; la cocción de alimentos lo realizan con la leña del lugar, la iluminación utilizan Petróleo en sus lámparas denominadas Petromax, no utilizan las máquinas para sus actividades, todas las realizan de manera artesanal.

La población, no crece al mismo ritmo del promedio, debido a que existe migración hacia la ciudad, ésta migración lo realizan los Jóvenes luego de culminar la educación secundaria, quienes buscan acceso a una carrera técnica, en las localidades como Bolívar, Trujillo, entre otras.

1.2. Trabajos previos.

Avellaneda (2012, p. 130), en su tesis titulada “Estudio del Potencial de generación de Energía Eólica en La zona del Páramo de Chontales, Municipios de Paipa y Sotaquirá departamento de Boyacá”, Universidad Libre Colombia, Facultad de Postgrados; planteó:

- Sugerir al IDEAM la instalación de una estación meteorológica completa en el corredor eólico estudiado sobre la margen occidental de la cordillera oriental con el fin de obtener datos suficientes para evaluar con mayor precisión la energía eólica en la zona.
- Continuar con la toma de datos por un año continuo para tener una base de datos que cumpla con los estándares de la Organización Meteorológica Mundial, OMM, para este tipo de estudios. Instalar en la zona, aprovechando el Data Logger adquirido para esta investigación, sensores de humedad relativa, temperatura y radiación solar con el fin de poder estimar de una manera más exacta la velocidad del viento y otras fuentes energéticas como la radiación solar.
- Continuar una segunda fase de la investigación en energía eólica a partir del diseño, construcción y puesta en marcha de un aerogenerador de baja potencia, que se acomode a las necesidades y los recursos económicos de la población de ecosistemas de alta montaña sobre la cordillera Oriental que ofrecen un buen potencial de energía eólica, según los resultados de esta investigación.

CORNEJO, Luis (2010, p.15) “Evaluación Técnica y Económica para la Generación de Energía Eléctrica Híbrido Eólica – Solar para la Comunidad de San Luis en el Distrito de Pimentel, Región Lambayeque”, Universidad César Vallejo.

La importancia del presente estudio consiste en ver el grado de disponibilidad, aprovechamiento y aplicación del sistema híbrido eólico-solar para la generación eléctrica en la comunidad de San Luis distrito Pimentel. La carencia de energía convencional a una población rural dispersa concentradas en pequeños caseríos resulta hasta la fecha difícil y en muchos casos imposible electrificar, en razón a los criterios de rentabilidad del servicio de las empresas concesionarias de energía eléctrica. En consecuencia cuando más pequeña, dispersa y pobre es una comunidad, menos tendrá la oportunidad de ser considerado en los proyectos de expansión de suministro eléctrico.

El estudio de generación eléctrica híbrido eólico - solar se presenta como una alternativa de solución a la falta de energía eléctrica en la comunidad de San Luis – distrito de Pimentel. Con el presente estudio se pretende motivar a las comunidades o centros poblados más lejanos y pobres de nuestro país a utilizar este sistema híbrido eólico - solar de generación eléctrica.

Esta investigación es relevante porque se busca la evaluación técnica y económica a la generación eléctrica híbrido eólico-solar como alternativa de solución a la falta de energía eléctrica en la comunidad de San Luis Distrito de Pimentel, este estudio ayudara a los centros poblados o comunidades más lejanos y pobres a utilizar este sistema híbrido eólico solar de generación eléctrica.

FLORES, Josué (2008, p.5) Sistema híbrido Eólico-Fotovoltaico para casa habitación con tarifa DAC Universidad Nacional Autónoma de México.

Para dimensionar un sistema híbrido basado en generadores fotovoltaicos y eólicos con almacenamiento por medio de baterías, es necesario identificar todas las combinaciones posibles que ofrecen un determinado nivel de satisfacción o fiabilidad, la óptima opción se obtiene al valorar el costo económico de cada una de las posibilidades para un mismo nivel de fiabilidad.

El objetivo ideal sería obtener un conjunto de ecuaciones que ligen los datos meteorológicos (velocidad de viento y radiación solar) de un emplazamiento con el tamaño de cada uno de los elementos del sistema (generador eólico, fotovoltaico y baterías).

Las condiciones climáticas indican la configuración idónea para un determinado emplazamiento. El carácter complementario que presentan la energía eólica y solar en diferentes lugares durante los ciclos estacionales presenta algunas importantes ventajas. Para estos casos, los sistemas híbridos ganan fiabilidad respecto a los sistemas con una sola fuente de energía sin necesidad de un sobredimensionamiento de los convertidores o las baterías. Entre las ventajas de combinar el uso del viento y el Sol para la generación de energía eléctrica es que es posible reducir el costo total de la instalación. El mayor o menor beneficio de esta opción depende de la correlación estacional en el tiempo de ambos recursos (el viento y el Sol).

SÁNCHEZ Dionisio (2011, p. 107.) “Propuesta de un Sistema de Generación Híbrido (Solar-Eólico) Interconectado a la Red, en el Conejo, Veracruz” Universidad Veracruzana.

Llegó a las siguientes conclusiones: En el capítulo I se definió que es la generación distribuida, los antecedentes, tipos, características y funcionamiento de los aerogeneradores y paneles solares fotovoltaicos. En el capítulo II se determinó el porcentaje de energía teórica que debería aportar cada sistema, con lo cual se observa que la mezcla optima es que el sistema solar fotovoltaico aporte el 60 por ciento y el sistema eólico el 40 por ciento y se determinó el comportamiento mensual teórico de acuerdo a las horas solares pico y la velocidad del viento respectivamente.

En el capítulo III se determinó el conjunto solar fotovoltaico y el aerogenerador que podrían integrar el sistema híbrido óptimo, lo que se observó que los sistemas que cumplen con los requerimientos son el aerogenerador Skystream Mod. 3.7 y 12 paneles solares fotovoltaicos Kyocera de 135 watts.

En el capítulo IV se realizó un análisis financiero para determinar la factibilidad de la posible instalación del “sistema híbrido”, analizando mediante el método del valor presente neto y tiempo de recuperación de la inversión para el sistema seleccionado.

Esta investigación es relevante porque se analiza si es factible y financiero a una posible instalación del sistema híbrido, valor neto y tiempo de recuperación de inversión para este sistema, se toma en cuenta porcentajes del sistema fotovoltaico y eólico para determinar horas solares y la velocidad del viento.

1.3. Teorías relacionadas al Tema.

Energía eólica

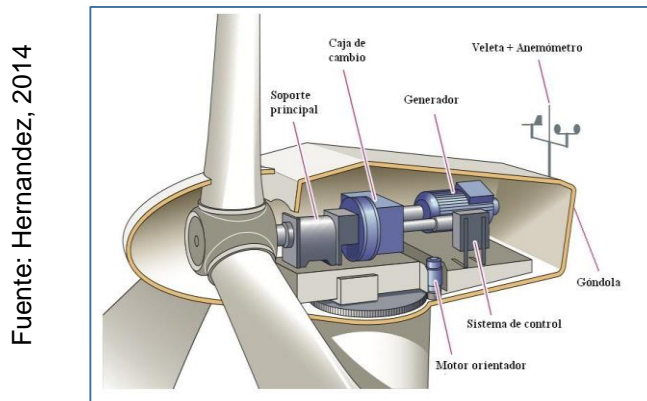
“La energía eólica es una forma indirecta de energía solar, pues se deriva del calentamiento diferencial de la atmósfera y de las irregularidades de relieve de la superficie terrestre” (Barriga, 2010, p. 6).

“El contenido energético del viento depende de su velocidad. Cerca del suelo la velocidad es baja, pero aumenta rápidamente con la altura. Cuanto más accidentada sea la superficie del terreno, más frenará éste al viento” (Barriga, 2010, p. 6).

“El viento Sopla con menos velocidad en las depresiones terrestres y en contrapunto con más velocidad sobre las colinas, pero en grandes valles y terrenos montañosos nos encontramos con el efecto túnel que puede proporcionar buenas velocidades de viento” (Barriga, 2010, p. 7).

“No obstante, el viento sopla con más fuerza sobre el mar que en tierra. Es por esto, que las mejores localizaciones para las turbinas se encuentren en el mar, sobre colinas, cercanas a la costa y con poca vegetación” (Barriga, 2010, p. 8).

Figura 3

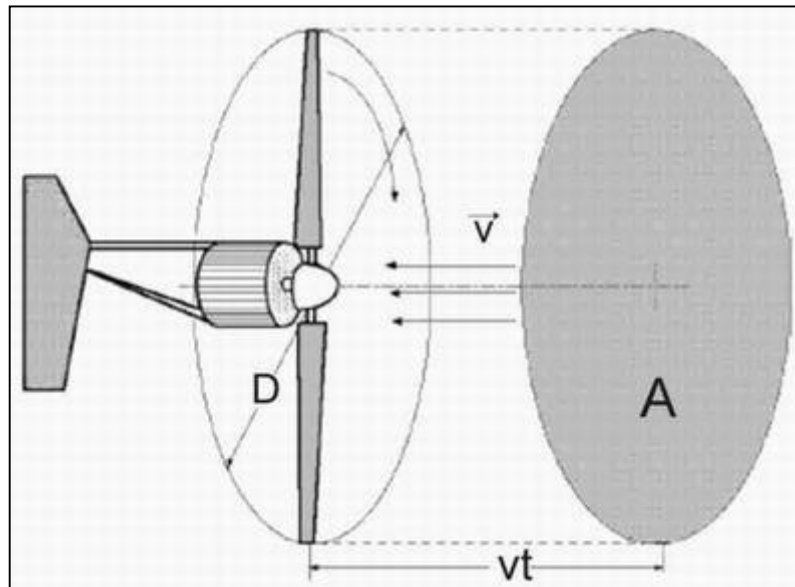


Turbina Eólica

Aerogeneradores

“Los aerogeneradores son las máquinas que transforman la fuerza cinética del viento en electricidad. Reciben varios nombres: Turbinas eólicas, Aerogeneradores y, por la historia de sus predecesores, también se les conoce como Molinos de viento” (Polo, 2013, p.23).

Figura 4



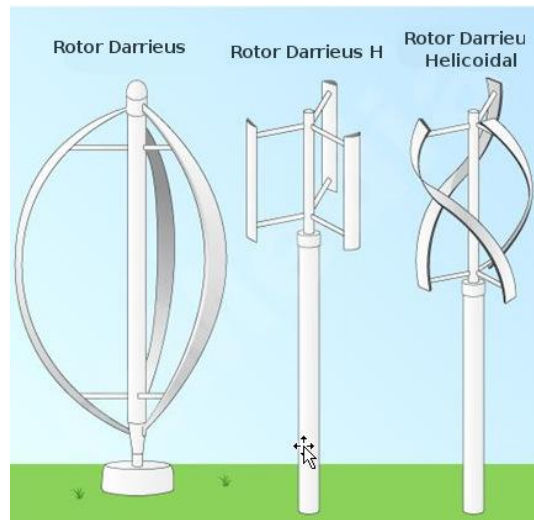
Geometría del aerogenerador

Se dividen en dos grupos:

Eje Vertical

“Los aerogeneradores de eje vertical prácticamente ya no se construyen pues su tecnología se quedó estancada al no ser capaces de crecer en el aprovechamiento del viento” (Polo, 2013, p.24).

Figura 5



Tipos de aerogeneradores de eje vertical

Eje Horizontal

Los aerogeneradores de eje horizontal, a diferencia de los anteriores, aprovechan más el viento. La altura que se consigue situar el eje que mueve el generador es muy superior a los anteriores y ahí radica que estas turbinas eólicas sean las más utilizadas en la actualidad, pues su tecnología sigue creciendo no solo por la altura sino por la calidad y medios mejorados de los componentes que se utilizan en la generación de electricidad. (Polo, 2013, p.24).

Caracterización energética de las variaciones temporales del viento.

“La potencia media del viento se obtiene mediante la siguiente ecuación de transferencia de energía o de Euler, que convierte la energía cinética en energía mecánica” (Polo, 2012, p.25).

$$\bar{P} = \frac{1}{2} \bar{\rho} A \bar{v}^3$$

Dónde:

P: Potencia en Kw.

A: Área de la superficie de los álabes del aerogenerador en m².

V: Velocidad del viento en m/s.

ρ: Densidad del viento. En m³/s.

“Para calcular las fuerzas de sustentación y resistencia de una placa se emplean las siguientes ecuaciones” (Sánchez, 2011, p. 107).

$$L = \frac{1}{2} \rho V^2 A C_L$$

Fuerza de sustentación

$$D = \frac{1}{2} \rho V^2 A C_D$$

Fuerza de resistencia

Dónde:

L: Fuerza de Sustentación, en Newton.

D: Fuerza de Resistencia, en Newton.

ρ: Densidad del aire (Kg/m³) A: Área del álabe (m²)

V: Velocidad de la corriente del aire (m/seg.)

C_L: Coeficiente de sustentación

C_D: Coeficiente de resistencia.

La Potencia Mecánica que se obtiene del intercambio energético en el rodete de la turbina eólica, es básicamente la energía que el fluido ha cedido a los álabes del rodete. Las ecuaciones de intercambio de energía en el rodete se determinan con las ecuaciones de Euler, que cuantifica el cambio de energía cinética del fluido en

energía mecánica en la rueda. Para determinar la potencia mecánica en función a parámetros de funcionamiento de la turbina eólica, se utiliza la ecuación de la potencia mecánica que se expresa. (Sánchez, 2011, p. 107)

$$Pm = T\omega$$

Dónde:

Pm: Potencia Mecánica en Watt.

T: Torque en N-m.

W: Velocidad angular en Radianes / segundo.

“La velocidad angular está relacionada con las revoluciones del motor, para lo cual se debe tener en cuenta las dimensiones geométricas de la turbina eólica” (Beer, 1997, p.213).

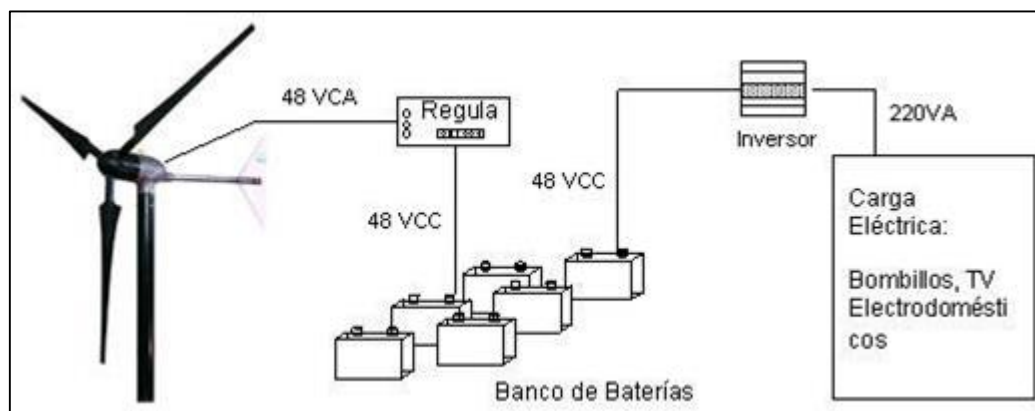
$$\omega = \frac{2\pi \text{RPM}}{60}$$

Dónde:

W: Velocidad angular en Radianes / segundo.

RPM= Número de revoluciones por minuto.

Figura 6



Elementos del sistema eólico.

Los elementos del sistema eólico son:

ROTOR: El rotor es el elemento principal de una máquina eólica, siendo su función la transformación de la energía cinética del viento en mecánica utilizable. Existe gran variedad de rotores y su clasificación más usual se realiza en función de la disposición del eje: horizontal o vertical. Para sistemas de generación eléctrica, el rotor consiste generalmente en dos o tres aspas y está hecho de fibra de vidrio con poliéster o epoxy. El rotor de una turbina eólica puede variar en tamaño, lo cual afecta la cantidad de energía correspondiente que se puede generar. Por ejemplo, una turbina de 10 kW típicamente tiene un diámetro de rotor de siete metros, mientras que una turbina de 750 kW tiene un diámetro de 24 metros.

TREN DE POTENCIA O CONVERSIÓN MECÁNICA: El tren de potencia está constituido por el eje de baja velocidad, la caja de cambios de velocidad, el eje de alta velocidad y las balineras o cojinetes que soportan los ejes. Se aplica en sistemas grandes eléctricos para adaptar la velocidad del eje a la del generador. Algunas turbinas no contienen la caja de cambios.

SISTEMA ELÉCTRICO: En sistemas de generación eléctrica, éste se refiere al generador, el cual está acoplado al eje para transformar la energía mecánica en eléctrica. Además, consiste en las interfaces para la conexión a las aplicaciones o a la red eléctrica.

CHASIS: Contiene los elementos claves de la turbina, como la caja de cambios y el generador. En turbinas grandes, el chasis puede tener el tamaño de un microbús y el personal de mantenimiento entra a él desde la torre. Usualmente, es una pieza metálica forjada sobre la cual se montan las diferentes partes del tren de conversión modularmente, al mismo tiempo que lo protege del ambiente y sirve de aislante al ruido mecánico de la caja de cambios y del generador.

SISTEMA DE ORIENTACIÓN: Las máquinas de eje horizontal tienen este componente, el cual detecta la orientación del viento y coloca el rotor en su misma dirección para aprovecharlo al máximo. El sistema de orientación está compuesto por el cojinete, los motores eléctricos, los sensores y un freno mecánico.

TORRE: Las máquinas eólicas deben estar situadas sobre una estructura de soporte capaz de aguantar el empuje del viento que transmiten el sistema de captación y las eventuales vibraciones. Su altura debe ser suficiente para evitar que las turbulencias, debidas al suelo, afecten a la máquina y para superar los obstáculos cercanos. Por ejemplo, una turbina de 750 kW tiene una altura típica de 63 metros. El uso de torres más altas significa un costo mayor al inicio, pero éste disminuye el período de la recuperación de la inversión, debido a que la velocidad del viento aumenta con la altura y logra generar más energía.

SISTEMA DE SEGURIDAD: Este pone la turbina en una situación estable y segura, en caso de que ocurran anomalías tales como pérdida de carga, velocidad de rotación o temperatura del generador a caja de cambios demasiado altas.

“La modelización del recurso eólico con resolución de 1 Km sobre el territorio del Perú ha permitido identificar las zonas más apropiadas para estudiar la explotación de la energía eólica” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p.15).

Una de estas zonas se encuentra en el norte del País, a lo largo de la costa del departamento de Piura, y presenta un máximo de viento medio anual en el sur de la región. Siguiendo hacia el sur por la costa, el departamento de Lambayeque también es interesante en cuanto a recurso eólico, así como algunas zonas del norte de La Libertad. (Atlas Eólico del Perú, 2008, p.15)

“Ancash, Limay Arequipa contienen áreas cercanas a la costa siendo propicias para el aprovechamiento en energía eólica, Así también Ica, registra promedios climáticos de viento altos, teniendo una línea costera supera los 8 m/s de viento medio anual” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p.17).

Hacia el interior, las zonas con abundante recurso eólico se reducen a algunas áreas próximas a la cordillera de los Andes, mientras que las regiones cubiertas por bosque tropical presentan los promedios de viento más bajos del país. De los departamentos del interior, Puno es el que tiene una mayor extensión de terreno con viento anual superior a 4 m/s, llegando incluso a superar los 5 m/s en numerosos sistemas montañosos y en la orilla norte del lago Titicaca.

Algunas zonas montañosas del sur de Cuzco y el norte de Arequipa también alcanzan estos promedios, así como amplias zonas de los departamentos de Ayacucho, Huancavelica y el este de Lima, la mayoría de difícil acceso debido a la orografía. Más hacia el norte, desde el interior de Ancash hasta el límite entre Cajamarca y Piura, los valores de viento medio sobre la cordillera de los Andes se encuentran entre los más altos de Perú, con el inconveniente de la difícil accesibilidad. (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 15)

Energía Eléctrica Eólica

Electricidad

“La energía eléctrica es la forma de energía más útil, ya que fácilmente se puede transformar en otros tipos de energía y se puede transportar”. (Villarrubia, 2007, p.35-38)

La electricidad (del griego *elektrón*, cuyo significado es ámbar) es un fenómeno físico cuyo origen son las cargas eléctricas y cuya energía se manifiesta en fenómenos mecánicos, térmicos, luminosos y químicos, entre otros, en otras palabras es el flujo de electrones. La electricidad se genera industrialmente en centrales térmicas, nucleares e hidroeléctricas. También existen sistemas alternativos como las centrales solares, eólicas, de biomasa, geotérmicos. (Villarrubia, 2007, p.25-26)

Potencia eléctrica

La potencia eléctrica es la velocidad a la que se consume la energía eléctrica

Potencia en corriente continua

Cuando se trata de corriente continua (DC) la potencia eléctrica desarrollada en un cierto instante por un dispositivo de dos terminales es el producto de la diferencia de potencial entre dichos terminales y la intensidad de corriente que pasa a través del dispositivo. Esto es,

$$P = I \cdot V$$

donde **I** es el valor instantáneo de la corriente y **V** es el valor instantáneo del voltaje. Si **I** se expresa en amperios y **V** en voltios, **P** estará expresada en vatios.

Igual definición se aplica cuando se consideran valores promedio para **I**, **V** y **P**.

Cuando el dispositivo es una resistencia de valor **R**, la potencia también puede calcularse como

$$P = I^2 \cdot R = \frac{V^2}{R}$$

Potencia en corriente alterna

Cuando se trata de corriente alterna (AC) sinusoidal, el promedio de potencia eléctrica desarrollada por un dispositivo de dos terminales es una función de los valores eficaces o valores cuadráticos medios, de la diferencia de potencial entre los terminales y de la intensidad de corriente que pasa a través del dispositivo.

Supongamos un receptor de carácter inductivo (caso más común) al que aplicamos una tensión **v(t)** de pulsación **ω** y valor de pico **V₀**:

$$v(t) = V_0 \cdot \sin(\omega t)$$

Esto provocará una corriente **i(t)** retrasada un ángulo **φ** respecto de la tensión aplicada:

$$i(t) = I_0 \cdot \sin(\omega t - \phi)$$

La potencia instantánea vendrá dada como el producto de las expresiones anteriores:

$$p(t) = V_0 \cdot I_0 \sin(\omega t) \cdot \sin(\omega t - \phi)$$

Mediante trigonometría, la anterior expresión puede transformarse en la siguiente:

$$p(t) = V_0 \cdot I_0 \frac{\cos(\phi) - \cos(2\omega t - \phi)}{2}$$

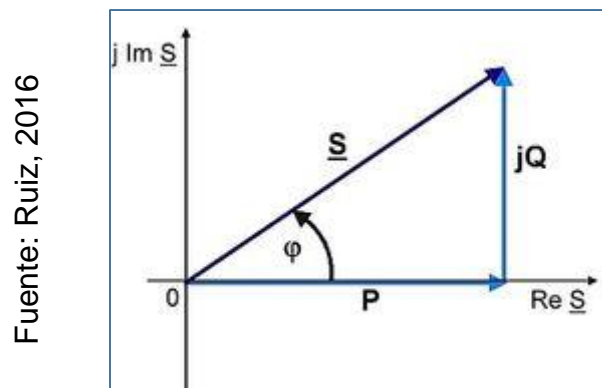
Y sustituyendo los valores de pico por los eficaces:

$$p(t) = V \cdot I \cos(\phi) - V \cdot I \cos(2\omega t - \phi)$$

Se obtiene así para la potencia un valor constante, **$V I \cos(\phi)$** y otro variable con el tiempo, **$V I \cos(2\omega t - \phi)$** . Al primer valor se le denomina **potencia activa** y al segundo **potencia fluctuante**.

EL TRIÁNGULO DE POTENCIAS

Figura 7



Triángulo de Potencias eléctricas

Potencia aparente

La potencia aparente de un circuito eléctrico de corriente alterna, es la suma de la energía que disipa dicho circuito en cierto tiempo en forma de calor o trabajo y la energía utilizada para la formación de los campos eléctricos y magnéticos de sus componentes.

Esta potencia no es la realmente consumida, salvo cuando el factor de potencia es la unidad (**$\cos \phi = 1$**), y nos señala que la red de alimentación de un circuito no sólo ha de satisfacer la energía consumida por los elementos resistivos, sino que también ha

de contarse con la que van a "entretener" bobinas y condensadores. Se la designa con la letra **S** y se mide en voltiamperios (**VA**).

Potencia activa

Es la potencia en que el proceso de transformación de la energía eléctrica se aprovecha como trabajo. Los diferentes dispositivos eléctricos existentes convierten la energía eléctrica en otras formas de energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, etc. Esta potencia es, por lo tanto, la realmente consumida por los circuitos. Cuando se habla de demanda eléctrica, es esta potencia la que se utiliza para determinar dicha demanda.

Se designa con la letra **P** y se mide en vatios (**W**). De acuerdo con su expresión, la ley de Ohm y el triángulo de impedancias:

$$P = I \cdot V \cdot \cos \phi = I \cdot Z \cdot I \cos \phi = I^2 \cdot Z \cdot \cos \phi = I^2 \cdot R$$

Resultado que indica que la potencia activa es debida a los elementos resistivos.

Potencia reactiva

Esta potencia no tiene tampoco el carácter de realmente consumida y sólo aparecerá cuando existan bobinas o condensadores en los circuitos. La potencia reactiva tiene un valor medio nulo, por lo que no produce trabajo útil. Por ello que se dice que es una potencia *desvatada* (no produce vatios), se mide en voltamperios reactivos (**VAR**) y se designa con la letra **Q**.

A partir de su expresión,

$$Q = I \cdot V \cdot \sin \phi = I \cdot Z \cdot I \sin \phi = I^2 \cdot Z \cdot \sin \phi = I^2 \cdot X$$

Lo que nos reafirma en que esta potencia es debida únicamente a los elementos reactivos.

Potencia trifásica

La representación matemática de la potencia activa en un sistema trifásico está dada por la ecuación:

$$P_{3\varphi} = \sqrt{3} \cdot I \cdot V \cdot \cos\Phi$$

POLITICAS DE ELECTRIFICACION RURAL

Las políticas en las cuales se enmarca la electrificación rural están señaladas en la Ley N° 28749, y son las siguientes:

- Enmarcar la electrificación rural dentro de la acción conjunta del estado como instrumento del desarrollo rural integral, impulsando el incremento de la demanda eléctrica rural y promoviendo el uso productivo de la energía eléctrica mediante la capacitación de los usuarios rurales.
- Orientar las inversiones hacia las zonas con menor cobertura eléctrica y las de mayor índice de pobreza, con el fin de acelerar su desarrollo.
- Fortalecer el proceso de descentralización, mediante planes y proyectos de electrificación rural concertados con los Gobiernos Regionales y Locales que permita la transferencia tecnológica, de diseño y construcción de sistemas eléctricos rurales.
- Mejoramiento permanentemente de la tecnología aplicada a los proyectos de electrificación rural, promoviendo el uso de energías renovables.
- Fortalecimiento de la entidad como organismo nacional competente. Transparencia en la priorización e información de los proyectos de electrificación rural, convirtiéndola en una institución transparente, moderna y eficiente.

1.4. Formulación del Problema

“Cómo suministrar energía eléctrica a la Hacienda el Triunfo La Libertad, utilizando energía eólica?”

1.5. Justificación del Estudio

Justificación Técnica.

El presente proyecto de investigación se justifica porque actualmente existen tecnologías que nos permiten aprovechar la energía eólica de manera eficiente; así mismo se evalúa el potencial eólico de la zona, mediante mediciones a la velocidad del viento, el cual garantiza la estabilidad del uso de éste recurso energético.

Además es posible seleccionar los dispositivos que forman parte del sistema eólico de acuerdo a las necesidades energéticas de la localidad El Triunfo.

Justificación Económica.

Se justifica económicamente porque con una inversión inicial, los costos de operación solo son por mantenimiento de los equipos y/o dispositivos, haciendo viable el proyecto, enmarcado como de inversión social. El Estado, en su plan de cubrir la electrificación de las zonas más alejadas, incentiva el uso de éste tipo de energía mediante exoneraciones, específicamente de índole tributario.

Justificación Ambiental.

La generación de energía eléctrica a partir de fuentes como la energía eólica, no emite gases hacia el medio ambiente, por lo cual la generación de energía eléctrica con el sistema propuesto, no genera la emisión de gases de la combustión, si ésta se realizara en un motor Diesel.

Justificación Social.

El proyecto está enmarcado en beneficio de la población de la localidad, y el acceso de la población a energía eléctrica, les abre la oportunidad de tener acceso al conocimiento, mediante las redes de la informática; la mayor ventaja está en el área educativa, desarrollando la creatividad de los ciudadanos del lugar.

1.6. Hipótesis.

El diseño de un sistema eólico permite determinar la generación de energía eléctrica en la Hacienda el Triunfo, La Libertad.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Diseñar el sistema eólico para generar energía Eléctrica En La Hacienda El Triunfo – La Libertad.

1.7.2. Objetivos Específicos.

- Evaluar la máxima demanda actual y proyectada requerida por la población de la Hacienda El Triunfo, Departamento de La Libertad.
- Evaluar el potencial eólico, mediante el análisis de las velocidades del viento, en la Hacienda El Triunfo, Departamento de La Libertad.
- Seleccionar los componentes electromecánicos del sistema eólico, de acuerdo a la energía eléctrica que requiere la población.
- Realizar una evaluación económica del proyecto, utilizando tasas de inversión social, determinando el Valor Anual Neto, la Tasa Interna de Retorno, y la relación beneficio – costo.

II. METODO

2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Diseño de investigación es **no experimental**, que consiste en que no se manipularan en forma intencional las variables que se están estudiando si no que se observarían los elementos ya existentes en la problemática existente en la determinación del consumo de combustible, al utilizar sistema de dirección hidráulica y eléctrica.

2.2. VARIABLES OPERACIONALIZACIÓN.

2.2.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Independiente: **DISEÑO DE SISTEMA EOLICO.**

Dependiente: **SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA**

2.2.2. Operacionalización de Variables.

Tabla 4

VARIABLE INDEPENDIENTE	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador	Escala de Medición
VARIABLE INDEPENDIENTE DISEÑO DE SISTEMA EOLICO	El sistema eólico está compuesto por un conjunto de mecanismos capaces de transformar la energía cinética del viento en energía mecánica en la turbina eólica para luego en un generador transformarlo en energía eléctrica, dentro de lo estipulado en la ecuación de la conservación de la energía.	El diseño se realiza teniendo como variables de ingreso el potencial energético del viento, y como variable de salida la demanda de energía de las viviendas de la Hacienda, para lo cual se utiliza mecanismos con la dimensión adecuada y con la mayor eficiencia posible.	Energía Cinética	Velocidad del aire Torque RPM	m/s N-m Kw
			Energía Mecánica	Potencia Mecánica. Tiempo	Horas
			Energía Eléctrica	Diferencia de voltaje Potencia Eléctrica Energía Eléctrica	Voltios KW KW-H
VARIABLE DEPENDIENTE ENERGIA ELECTRICA	La generación de energía eléctrica través de la energía eólica, es transformar la energía cinética del viento en energía mecánica en el eje de una turbina eólica, y luego convertirlo a través de un generador, en energía eléctrica, con sus variables de tensión intensidad de corriente eléctrica, frecuencia, factor de potencia entre otros. Gil, 2012, p.23).	La medición de la generación eléctrica se realiza por medio de las variables fasoriales como son la tensión eléctrica e intensidad de corriente eléctrica, y su comportamiento de dichas señales en el tiempo, fácilmente manipulables y controlables (Gil, 2012, p.24)	Energía Eléctrica. Consumidores eléctricos	Tensión. Caída de tensión. Corriente eléctrica Frecuencia eléctrica	Voltios. Amperios. Hertz.

2.3. Población y Muestra.

2.3.1. Población

La Población está constituida por los usuarios de la Hacienda El Triunfo, Provincia de Bolívar, Departamento de La Libertad.

Según el censo del año 2017, la población es de 90 habitantes, distribuidos en 14 Viviendas.

2.3.2. Muestra

Debido a la naturaleza de la investigación, la muestra para la presente investigación es igual a la Población.

2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

Validez y confiabilidad: Para obtener la validación y confiabilidad del instrumento que se aplicará, se consultó a un especialista en el tema, en cuanto al contenido y elaboración de los instrumentos mencionados.

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

Técnica de recolección de datos.

a) Observación directa

Se ira al lugar para realizar las mediciones y observaciones de las variables para determinar el potencial eólico.

b) Revisión documental

Nos permite tener información necesaria sobre el tema de investigación

Instrumentos de recolección de datos

a) Guías de observación

Se verifica el análisis de las mediciones.

b) Guía de análisis de documentos

Se verifica las fuentes de los fabricantes de los componentes del sistema propuesto.

2.4.3 Validez y confiabilidad

Validez: la validez de los instrumentos será dada por la aprobación de uno a tres especialistas en el área.

Confiabilidad: Este proyecto tendrá la estabilidad o consistencia de los resultados obtenidos, accediendo mejoras de éxito.

2.5 Métodos de análisis de datos

Método deductivo, ya que el resultado de lo que queremos lograr se halla implícitamente en las premisas que se puedan alcanzar; es decir que con los datos de las mediciones de velocidad del viento, se realizará el dimensionamiento del sistema eólico propuesto.

2.6 Aspectos éticos

El presente proyecto se elaborará manteniendo la confidencialidad de los antecedentes, datos y documentos con cual se realiza el estudio a fin de evitar cualquier hecho o situación que pudiera suponer o llegar a ocasionar un conflicto entre de intereses.

III. RESULTADOS.

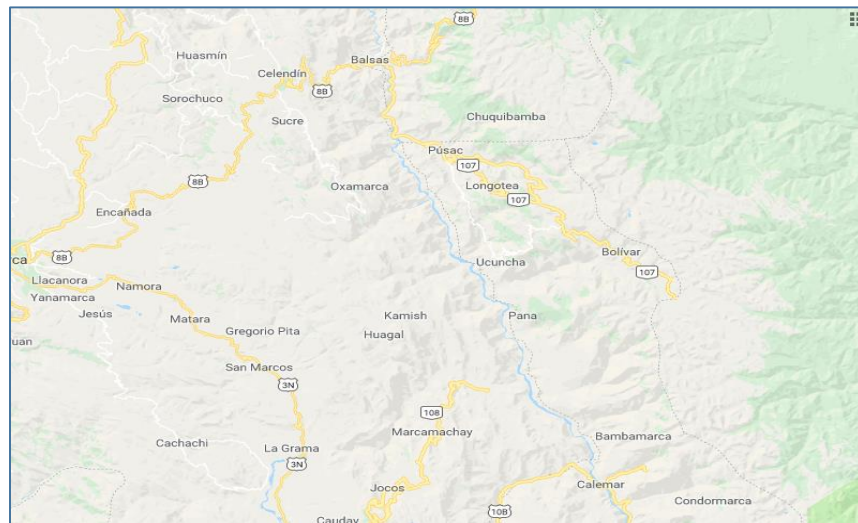
3.1. Evaluar la máxima demanda actual y proyectada requerida por la población de la Hacienda El Triunfo, Departamento de La Libertad.

3.1.1. Demanda de Energía en cada Vivienda.

Las viviendas en la Hacienda “El Triunfo” se ubican a $7^{\circ} 21' 47''$ Latitud Sur y a $77^{\circ} 50' 24''$ Longitud Oeste,

Figura 8

Fuente: Google Earth, 2018



Ubicación de la Hacienda “El Triunfo”

Las viviendas ubicadas en la Hacienda El Triunfo, presentan mucha dispersión en cuanto a su ubicación entre ellas, encontrándose en conjuntos de 7 u 8 viviendas juntas, todas ellas construidas de material propia de la zona, debido a las bajas temperaturas, y a los niveles de precipitación que presentan.

Las viviendas presentan distribuciones parecidas; en cada vivienda se encuentra una amplia sala en donde se realizan las actividades de reunión de los habitantes, almacén de sus productos agrícolas. Cuentan con dos pequeñas habitaciones, separadas con material plástico, las que son usadas como dormitorios. La cocina de la casa se encuentra en la parte posterior de la vivienda, en donde preparan sus alimentos utilizando la leña. Algo separada de la vivienda se encuentra el baño, el cual es de espacio muy reducido y no tiene servicio de agua y desagüe, en realidad es una letrina.

El área de cada vivienda es de aproximadamente 70 metros cuadrados, de los cuales la mitad lo ocupa la sala, y dormitorios de 12 m² cada uno.

Las cargas eléctricas en cada una de las viviendas, se describen en la tabla 4, con el tipo de consumidor eléctrico que tiene en cada uno de los ambientes, con la potencia instalada de cada una de ellas.

Tabla 5. Cargas eléctricas

Fuente: Guía de Observación

N°	Item	Potencia Instalada (Watt)	Cantidad	ubicación
1	Luminaria Led	10	2	Sala
2	Luminaria Led	10	2	Dormitorio
3	Luminaria Led	10	1	Baño
4	Luminaria Led	10	1	Cocina
5	TV 32"	90	1	Sala
6	Laptop	80	1	Comedor
7	Radio	25	2	Sala, Dormitorio
8	Hervidor de agua	150	1	Cocina
9	Batidora	120	1	Cocina

Cargas eléctricas en Vivienda Rural

Se analiza el ritmo de consumo de energía de los consumidores eléctricos durante el tiempo de 1 día. El poblador del sector a electrificar, se dedica a la ganadería, por lo que normalmente el tiempo de permanencia en las viviendas es a partir de las 16.00 horas, sin embargo existen cargas que se utilizan antes de las 16.00 horas que son las que están ubicadas en la cocina, como también la laptop para fines académicos. Para el análisis de la máxima demanda, se realiza el análisis del ritmo de consumo de energía eléctrica en las viviendas.

Tabla 6

Hora	Tiempo de funcionamiento en horas										
	Sala					Dormitorio		Cocina			Baño
	Luminaria Led	Luminaria Led	TV 32"	Radio	Laptop	Luminaria Led	Radio	Hervidor de agua	Batidora	Luminaria Led	Luminaria Led
05.00-06.00	1			1			1			1	0.1
06.00-07.00	1		1				1	0.2		1	0.1
07.00-08.00			1				1				
08.00-09.00				1	1						
09.00-10.00				1	1						
10.00-11.00				1	1						
11.00-12.00				1				0.2			
12.00-13.00				1					0.3		
13.00-14.00				1							
14.00-15.00				1							0.1
15.00-16.00				1	1						0.1
16.00-17.00				1	1						
17.00-18.00			1		1		1			1	0.1
18.00-19.00	1	1	1		1	1	1	0.2		1	
19.00-20.00	1	1	1			1	1			1	0.1
20.00-21.00	1	1	1				1			1	
21.00-22.00	1	1	1				1				

Tiempo de funcionamiento de cada consumidor de energía en vivienda rural

En la tabla 5, con la guía de observación se levantó la información en cuanto a los tiempos de funcionamiento promedio de cada consumidor eléctrico; se puede observar que existe un ritmo de uso bien marcado en horas de la mañana de 05.00 a 08.00, así como también desde las 17.00 hasta las 20.00 horas; en el resto del tiempo del día se utiliza equipos de uso recreativo y de comunicación, como son laptop y radio

Tabla 7

Hora	Consumo de Potencia (Watt)											Total (Watt)
	Sala					Dormitorio		Cocina			Baño	
	Luminaria Led	Luminaria Led	TV 32"	Radio	Laptop	Luminaria Led	Radio	Hervidor de agua	Batidora	Luminaria Led	Luminaria Led	
05.00-06.00	10			25			25			10	10	80
06.00-07.00	10		90				25	150		10	10	295
07.00-08.00			90				25					115
08.00-09.00				25	80							105
09.00-10.00				25	80							105
10.00-11.00				25	80							105
11.00-12.00				25				150				175
12.00-13.00				25					120			145
13.00-14.00				25								25
14.00-15.00				25							10	35
15.00-16.00				25	80						10	115
16.00-17.00				25	80							105
17.00-18.00			90		80		25			1	10	206
18.00-19.00	10	10	90		80	10	25	150		1		376
19.00-20.00	10	10	90			10	25			1	10	156
20.00-21.00	10	10	90				25			1		136
21.00-22.00	10	10	90				25					135

Determinación de la máxima demanda en vivienda rural

Tabla 8

Hora	Consumo de energía (Watt - Hota)											Total (Watt- Hora)
	Sala					Dormitorio		Cocina			Baño	
	Luminaria Led	Luminaria Led	TV 32"	Radio	Laptop	Luminaria Led	Radio	Hervidor de agua	Batidora	Luminaria Led	Luminaria Led	
05.00-06.00	10			25			25			10	10	80
06.00-07.00	10		90				25	30		10	10	175
07.00-08.00			90				25					115
08.00-09.00				25	80							105
09.00-10.00				25	80							105
10.00-11.00				25	80							105
11.00-12.00				25				30				55
12.00-13.00				25					40			65
13.00-14.00				25								25
14.00-15.00				25							10	35
15.00-16.00				25	80						10	115
16.00-17.00				25	80							105
17.00-18.00			90		80		25			1	10	206
18.00-19.00	10	10	90		80	10	25	30		1		256
19.00-20.00	10	10	90			10	25			1	10	156
20.00-21.00	10	10	90				25			1		136
21.00-22.00	10	10	90				25					135
Total												1974

Consumo de energía por cada dispositivo eléctrico de la vivienda rural

La máxima demanda ocurre entre las 18.00 y las 19.00 horas, con un valor de 376 Watt, y el consumo de energía total en un día en una vivienda rural en Centro Poblado El Triunfo es de 1974 Watt – Hora.

El factor de carga, define la eficiencia del consumo de la energía durante un periodo de tiempo y se determina:

$$Fc = \frac{Ec}{MD * t}$$

Donde:

Fc: Factor d Carga.

Ec: Energía Consumida (Watt – Hora).

MD: Máxima Demanda (Watt).

t: Tiempo de funcionamiento (Horas), se considera 17 horas, desde las 05.00 hasta las 22.00 horas.

Reemplazando valores:

$$Fc = \frac{1974}{376 * 17} = 0.30$$

El factor de carga es del 30%, que es un valor típico para el sector rural

Figura 9

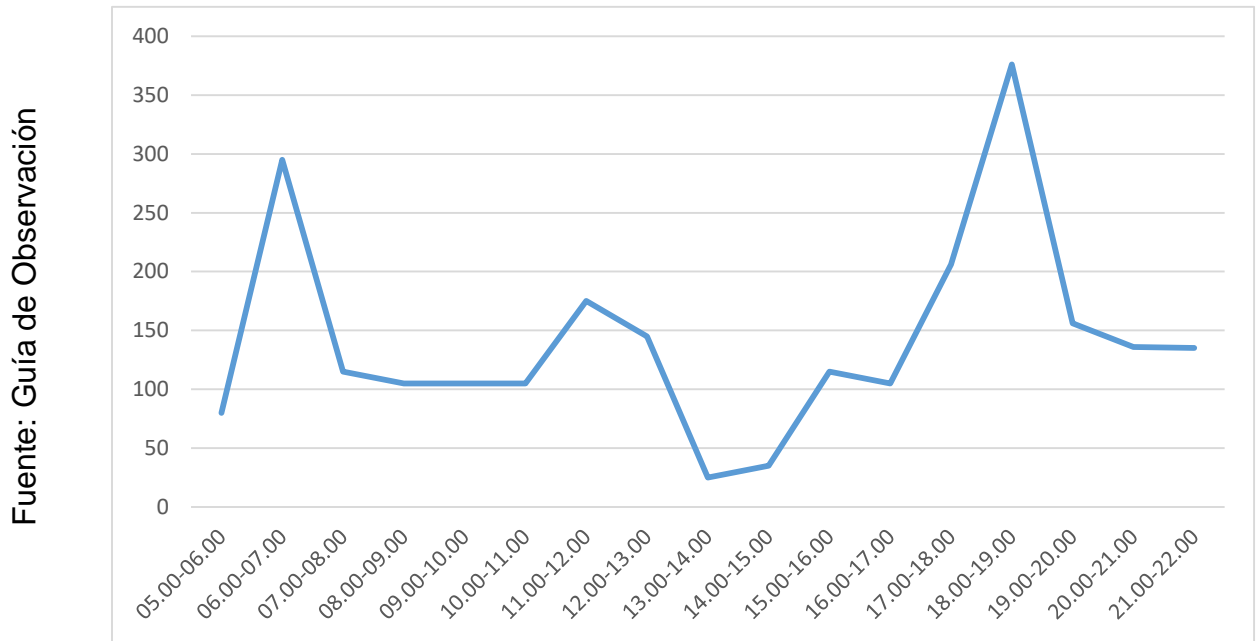


Diagrama de Carga de Vivienda rural

La figura 10, muestra la tendencia del consumo de los consumidores eléctricos en la vivienda de la Hacienda El Triunfo, en el cual existe dos momentos claramente diferenciados, lo que se denomina horas punta; la primera hora punta ocurre entre las 06.00 y 07.00 horas, debido a que el poblador de la zona empieza a realizar sus actividades, para luego trasladarse hacia sus parcelas agrícolas.

A las 19.00 horas ocurre la máxima demanda del día, porque a esa hora están todos los habitantes en la vivienda y utilizan con mayor frecuencia los equipos eléctricos; sin embargo entre las 13.00 y 15.00 horas se registra el menor consumo de energía.

3.1.2. Determinación del consumo de energía del Centro Poblado.

El número de vivienda del centro poblado “Triunfo”, es de 14, con 90 Pobladores.

La máxima demanda del centro poblado será la máxima demanda en cada vivienda por el número de viviendas, de la misma forma el consumo de energía del centro poblado. El factor de simultaneidad es de 0.9, porque la población rural tiene estilos de vida parecidos, y tienen permanencia e sus casas en mayor frecuencia en horas de la tarde, de acuerdo a lo estipulado por el código nacional de electricidad.

Es decir la máxima demanda del centro poblado “El Triunfo”, será de $376 * 14 * 0.9 = 4737.6 \text{ Watt (4.73 Kw)}$, y el consumo total de energía del centro poblado será de $1974 * 14 * 0.9 = 24872 \text{ Watt Hora (24.872 Kw-H)}$, por día.

3.1.3. Otras cargas adicionales.

Se considera otras cargas adicionales a:

- a) Iluminación de accesos al centro poblado.
- b) Iluminación de local comunal.

Tabla 9

N°	Item	Horas de funcionamiento al día	Cantidad	Potencia Activa (Watt)	Energía (Watt - Hora)
1	Reflector	3	3	60	540
2	Luminarias de Local Comunal	2	2	20	80

Consumo de energía y máxima demanda

Proyección del consumo de energía y máxima demanda en los próximos 20 años.

La proyección del consumo de energía y de la máxima demanda en los próximos 20 años, se realiza en función al incremento poblacional del sector, de acuerdo a lo que establece el Plan Energético Nacional 2014-2025, de la Dirección General de Eficiencia Energética, del Ministerio de Energía y Minas

El número de pobladores actualmente es de 90, según el INEI, la tasa de crecimiento demográfico para el sector rural es de 1.2%, en el año 2016.

La tasa de crecimiento se formula con la ecuación.

$$Px = Pa (1 + i)^n$$

Dónde:

Px: Población en el año de proyección.

Pa: Población actual (90 Pobladores).

i: Tasa de crecimiento demográfico.

n: Número de años de proyección.

La máxima demanda se determina multiplicando la máxima demanda de cada vivienda por el número de viviendas por el factor de simultaneidad (0.9), obteniendo los siguientes resultados en la proyección para 20 años de la máxima demanda y el consumo de energía por día.

La máxima demanda será la suma de la máxima demanda en la viviendas más la máxima demanda en las cargas adicionales, por lo cual, $MD = 4737 + 80 = 4817$ Watt, así como también la energía consumida: $Ec = 24872 + 620 = 25492$ Watt – hora, por día.

Para la proyección de la máxima demanda:

$$MDx = 376 * Nv * FS + 80$$

Donde:

MDx. Máxima demanda en el año x de proyección.

Nv: Número de viviendas en proyección.

FS: Factor de simultaneidad (0.9)

Para la proyección de la energía:

$$Ex = 1974 * Nv * FS + 620$$

Donde:

Ex. Consumo de energía en el año x de proyección.

Nv: Número de viviendas en proyección.

FS: Factor de simultaneidad (0.9)

Tabla 10

Fuente: Autoría Propia

Año	Población	N° Viviendas	Máxima Demanda (Watt)	Energía (Watt-Hora)
0	90	14	4817	25492.00
1	91	15	5156	27269.00
2	92	15	5156	27269.00
3	93	16	5494.4	29045.60
4	94	16	5494.4	29045.60
5	96	16	5494.4	29045.60
6	97	16	5494.4	29045.60
7	98	16	5494.4	29045.60
8	99	17	5832.8	30822.20
9	100	17	5832.8	30822.20
10	101	17	5832.8	30822.20
11	103	17	5832.8	30822.20
12	104	17	5832.8	30822.20
13	105	18	6171.2	32598.80
14	106	18	6171.2	32598.80
15	108	18	6171.2	32598.80
16	109	18	6171.2	32598.80
17	110	18	6171.2	32598.80
18	112	19	6509.6	34375.40
19	113	19	6509.6	34375.40
20	114	19	6509.6	34375.40

Proyección del consumo de energía por día el 20 años de proyección.

La proyección de la máxima demanda y del consumo de energía está en función al crecimiento del número de viviendas, y se sustenta en que las viviendas que se incrementan en la zona, tienen las mismas características que las demás, así como también utilizarán los mismos consumidores eléctricos.

3.2. Evaluar el potencial eólico, mediante el análisis de las velocidades del viento, en la Hacienda El Triunfo, Departamento de La Libertad.

3.2.1. Mediciones Realizadas

En el proceso de estimación del recurso eólico en la Hacienda El Triunfo, Departamento La Libertad, por un lado se tienen datos permanentes de las condiciones meteorológicas cercanas al lugar registrados por una estación meteorológica, y por otro lado se ha procedido a la toma de mediciones del viento a la altura de 10 y 12 metros sobre el nivel del terreno, durante 5 meses (Febrero a Junio) con la siguiente frecuencia de registros:

- Velocidad del Viento: intervalo de promedio cada 60 minutos
- Dirección del Viento: Sur Oeste

El clima de la localidad de Hacienda E Triunfo es mayormente frio, con una temperatura que oscila entre 10 y 20 C°. La temperatura media anual es de 15 °C, con una máxima de 20°C y una mínima de 9°C.

Las mediciones de la velocidad del viento se realiza en el periodo de 18.00 hasta las 03.00 horas, y se hace en dicho horario, debido a que en el resto de horas, las velocidades del viento son menores a 4m/s, e inclusive se ha observado que en al mediodía la velocidad del viento es alrededor de 1,5 m/s.

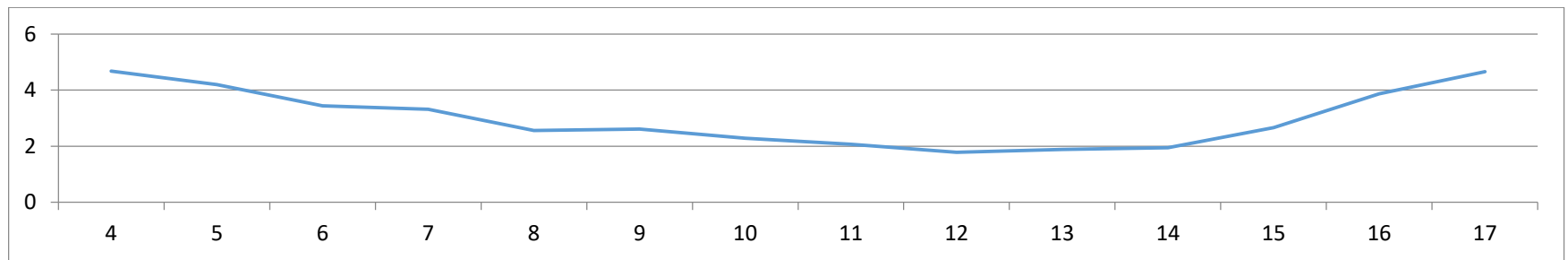
La afirmación de que las velocidades del viento entre las 04.00 y las 17.00 horas son menores a 4 m/s, en la tabla 10, se muestra los resultados de las mediciones.

Tabla 11

	Velocidad del viento a 12 metros de altura (m/s)													
	Hora de Medición													
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Primera Medición	4.7	4.2	3.45	3.42	2.46	2.56	2.23	2.12	1.67	1.78	1.95	2.76	3.76	4.56
Segunda Medición	4.65	5,39	3.42	3.21	2.65	2.67	2.34	2.01	1.89	1.98	1,67	2.56	3.98	4.76
Promedio	4.675	4.2	3.435	3.315	2.555	2.615	2.285	2.065	1.78	1.88	1.95	2.66	3.87	4.66

Resultados de medición de velocidad del viento entre las 04.00 y 17.00 horas, a 12 metros de altura

Figura 10



Evolución de la velocidad del viento (m/s) entre las 04.00 y 17.00 Horas

Las velocidades del viento en éste periodo tienden a descender a medida que se acerca al mediodía, teniendo a las 12.00 am, su menor valor de velocidad de viento menor a 2 m/s; ésta tendencia se aprecia en los demás días, por dicha razón el potencial eólico no se encuentra en éste horario, con éstas velocidades, el aerogenerador no tendrá una generación estable.

El potencial eólico está en el periodo de 18.00 a 03.00 horas y el aerogenerador a utilizar tendrá las horas de operación en dichas horas, es decir 9 horas de funcionamiento a velocidades superiores a los 5 m/s

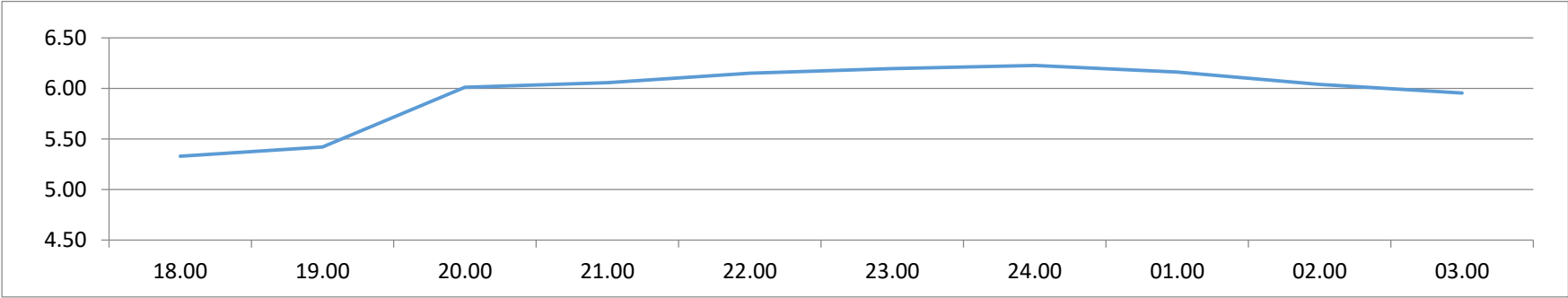
Las mediciones de la velocidad del viento, es la magnitud a analizar durante todas las horas del día, para lo cual se establece el siguiente protocolo de mediciones, el cual tiene el siguiente procedimiento.

- Realizar mediciones de velocidad del viento a 10 y 12 metros del nivel de piso terminado, para lo cual se acondiciona al anemómetro digital calibrado, para tener las dos posiciones.
- El anemómetro digital se instala con la dirección del viento, para lo cual la medición se realizará en dirección frontal a la del viento.
- Registrar las mediciones 1 vez por semana durante un mes, y en dos estaciones del año, en Febrero y Junio.
- Las mediciones de la velocidad del viento, se realizan dos veces, según el formato de guía de observación 1, para luego obtener el promedio de ambas.
- Realizar las mediciones desde las 18.00 hasta las 03.00 horas del día siguiente, por ser la de mayor intensidad, con respecto a las del resto del día, medida en la tabla 10.
- No tomar las mediciones de velocidad, si existiera precipitación fluvial.

Resultados de Mediciones.

Tabla 12

Día: 01 Febrero 2017	Velocidad del viento a 10 metros de altura (m/s)									
	Hora de Medición									
	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00
Primera Medición	5,34	5,45	6,03	6,04	6,18	6,21	6,24	6,17	6,07	5,98
Segunda Medición	5,32	5,39	5,99	6,07	6,12	6,18	6,21	6,15	6,01	5,93
Promedio	5,33	5,42	6,01	6,06	6,15	6,20	6,23	6,16	6,04	5,96



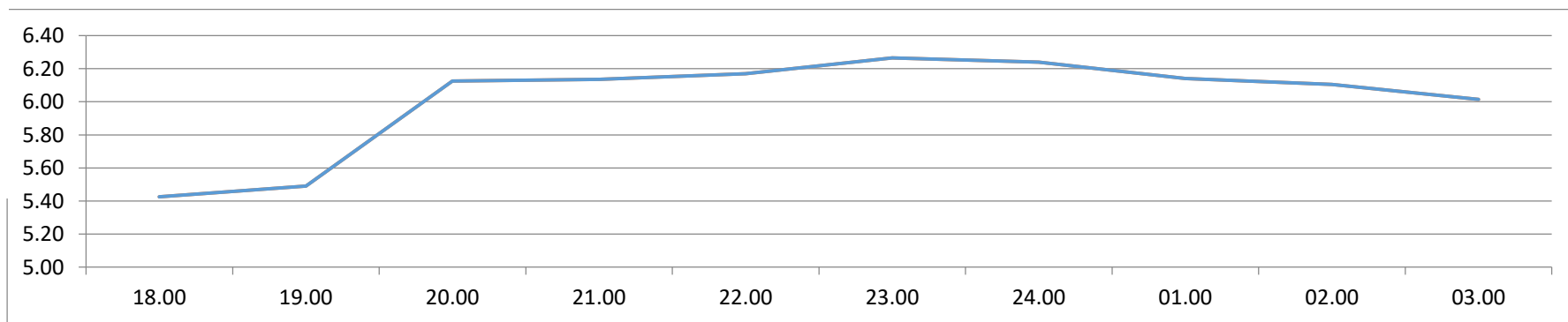
Resultados de medición de velocidad del viento

Fuente: Mediciones Realizadas

Tabla 13

Día: 01 Febrero 2017	Velocidad del viento a 12 metros de altura (m/s)									
	Hora de Medición									
	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00
Primera Medición	5,41	5,47	6,12	6,13	6,20	6,22	6,27	6,15	6,12	6,03
Segunda Medición	5,44	5,51	6,13	6,14	6,14	6,31	6,21	6,13	6,09	6,00
Promedio	5,43	5,49	6,13	6,14	6,17	6,27	6,24	6,14	6,11	6,02

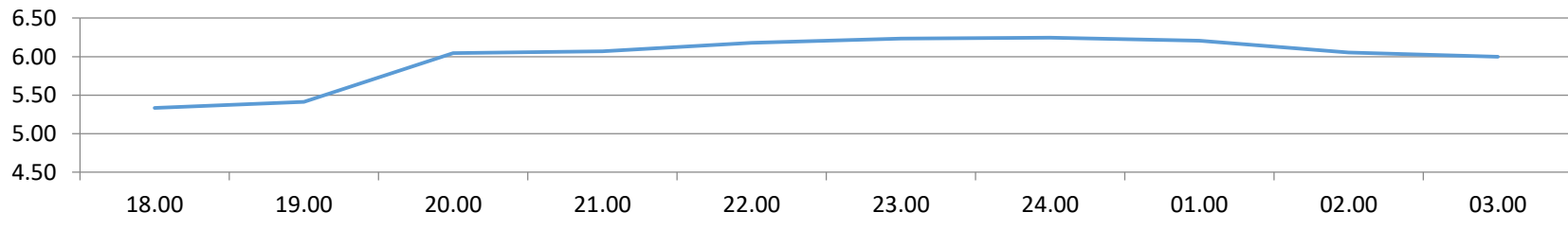
Fuente: Mediciones Realizadas



Resultados de medición de velocidad del viento

Tabla 14

Día: 01 Marzo 2017	Velocidad del viento a 10 metros de altura (m/s)									
	Hora de Medición									
	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00
Primera Medición	5,36	5,47	6,05	6,03	6,20	6,23	6,23	6,19	6,09	6,01
Segunda Medición	5,31	5,35	6,04	6,11	6,15	6,23	6,26	6,22	6,01	5,99
Promedio	5,34	5,41	6,05	6,07	6,18	6,23	6,25	6,21	6,05	6,00

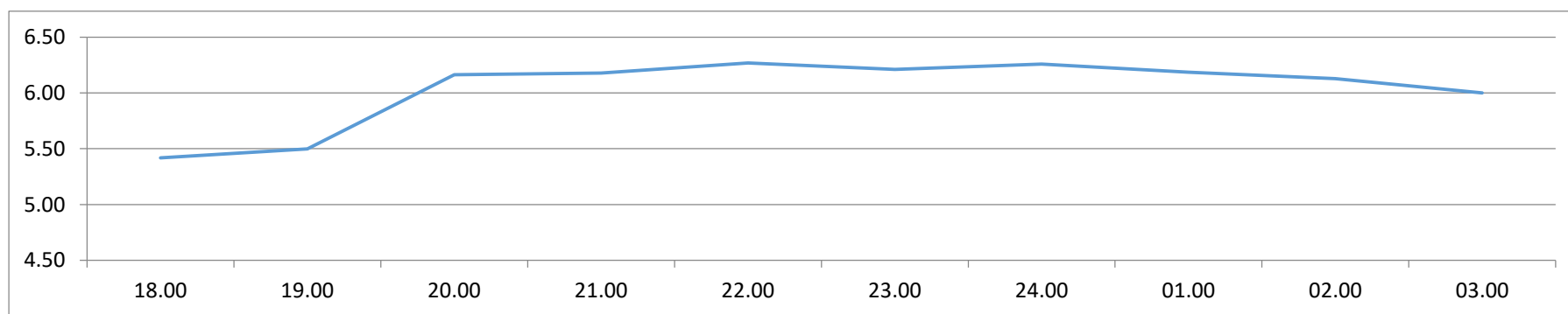


Resultados de medición de velocidad del viento

Fuente: Mediciones Realizadas

Tabla 15

Día: 01 Marzo 2017	Velocidad del viento a 12 metros de altura (m/s)									
	Hora de Medición									
	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00
Primera Medición	5,43	5,49	6,14	6,15	6,22	6,21	6,29	6,19	6,14	6,03
Segunda Medición	5,41	5,51	6,19	6,21	6,32	6,21	6,23	6,18	6,12	5,97
Promedio	5,42	5,50	6,16	6,18	6,27	6,21	6,26	6,19	6,13	6,00

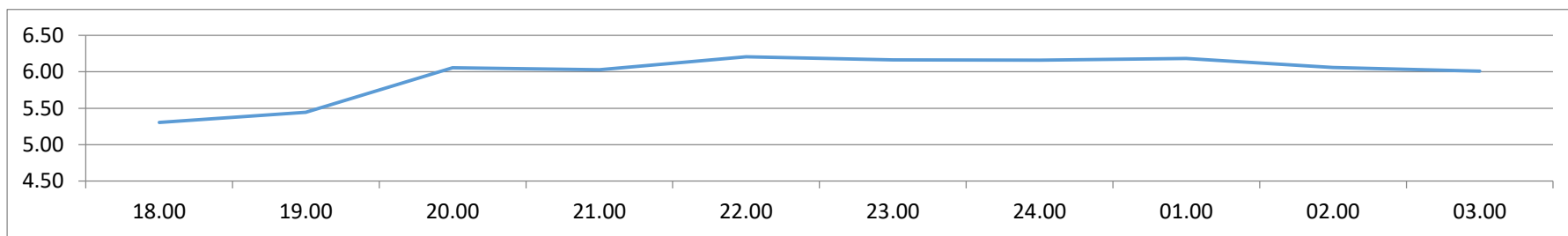


Resultados de medición de velocidad del viento

Fuente: Mediciones Realizadas

Tabla 16. Velocidad del viento

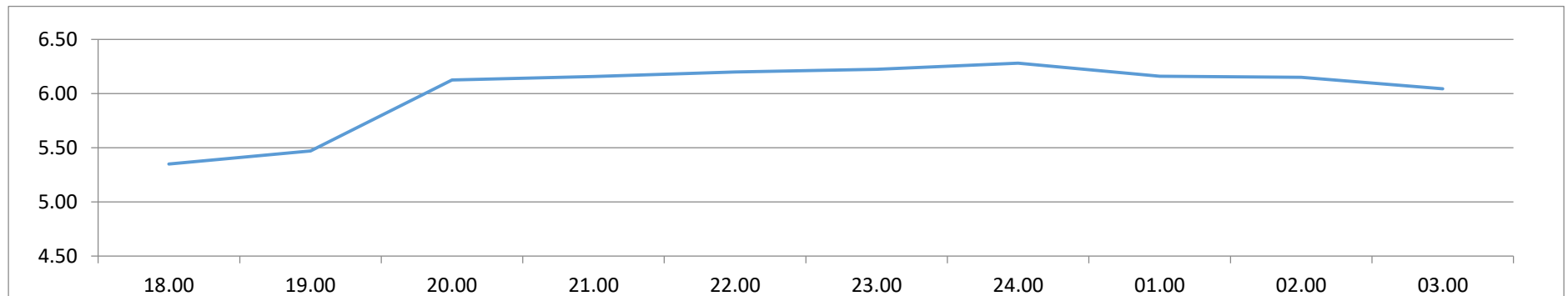
Día: 01 Abril 2017	Velocidad del viento a 10 metros de altura (m/s)									
	Hora de Medición									
	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00
Primera Medición	5,33	5,44	6,02	6,02	6,19	6,20	6,19	6,16	6,09	5,99
Segunda Medición	5,28	5,45	6,09	6,04	6,22	6,13	6,13	6,21	6,03	6,03
Promedio	5,30	5,44	6,05	6,03	6,21	6,16	6,16	6,18	6,06	6,01



Resultados de medición de velocidad del viento

Tabla 17

Día: 01 Abril 2017	Velocidad del viento a 12 metros de altura (m/s)									
	Hora de Medición									
	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00
Primera Medición	5,31	5,45	6,13	6,17	6,21	6,21	6,29	6,19	6,18	6,05
Segunda Medición	5,39	5,49	6,12	6,15	6,19	6,24	6,27	6,13	6,12	6,04
Promedio	5,35	5,47	6,13	6,16	6,20	6,23	6,28	6,16	6,15	6,05



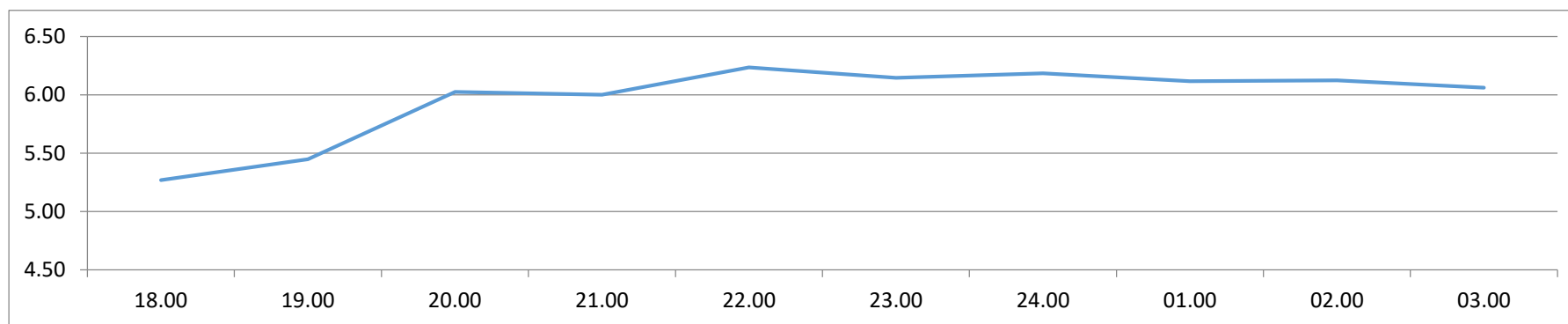
Resultados de medición de velocidad del viento

Fuente: Mediciones Realizadas

Tabla 18

Día: 01 Mayo 2017	Velocidad del viento a 10 metros de altura (m/s)									
	Hora de Medición									
	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00
Primera Medición	5,31	5,41	6,03	6,02	6,22	6,16	6,18	6,12	6,13	6,03
Segunda Medición	5,23	5,49	6,02	5,98	6,25	6,13	6,19	6,11	6,12	6,09
Promedio	5,27	5,45	6,03	6,00	6,24	6,15	6,19	6,12	6,13	6,06

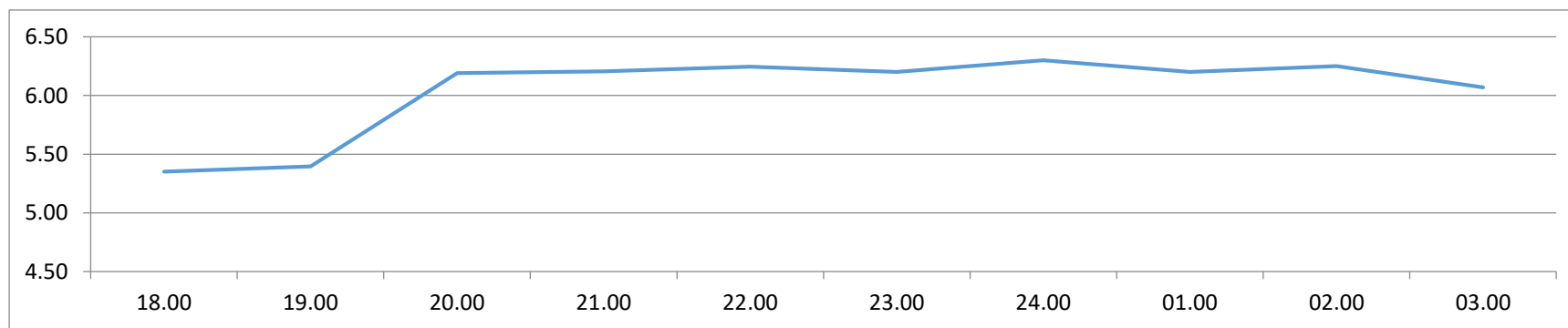
Fuente: Mediciones Realizadas



Resultados de medición de velocidad del viento

Tabla 19. Velocidad del viento

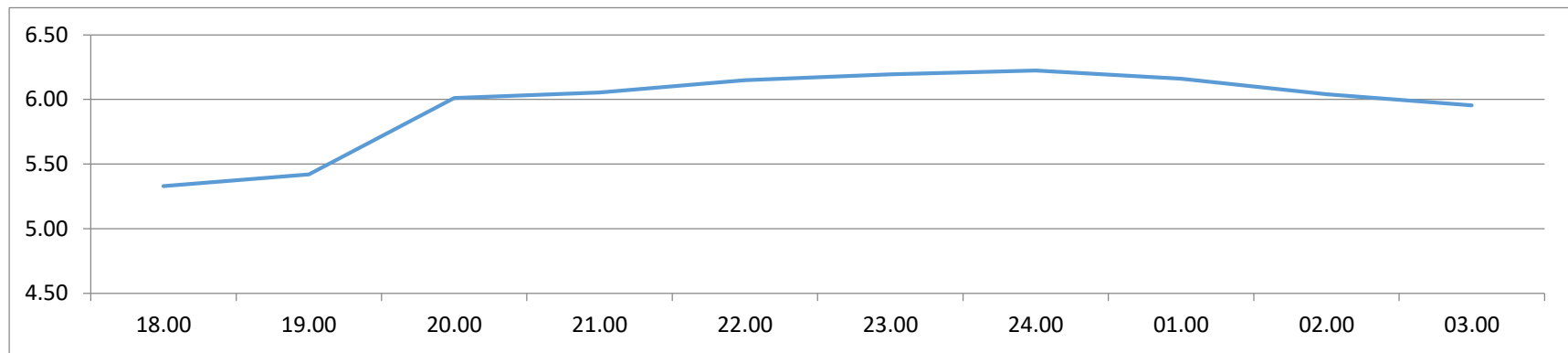
Día: 01 Mayo 2017	Velocidad del viento a 12 metros de altura (m/s)									
	Hora de Medición									
	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00
Primera Medición	5,39	5,42	6,20	6,23	6,25	6,22	6,32	6,21	6,28	6,09
Segunda Medición	5,31	5,37	6,18	6,18	6,24	6,18	6,28	6,19	6,22	6,05
Promedio	5,35	5,40	6,19	6,21	6,25	6,20	6,30	6,20	6,25	6,07



Resultados de medición de velocidad del viento

Tabla 20

Día: 01 Junio 2017	Velocidad del viento a 10 metros de altura (m/s)									
	Hora de Medición									
	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00
Primera Medición	5,54	5,65	6,12	6,15	6,23	6,27	6,31	6,43	6,24	6,12
Segunda Medición	5,45	5,67	6,12	6,17	6,31	6,21	6,32	6,49	6,32	6,19
Promedio	5,50	5,66	6,12	6,16	6,27	6,24	6,32	6,46	6,28	6,16

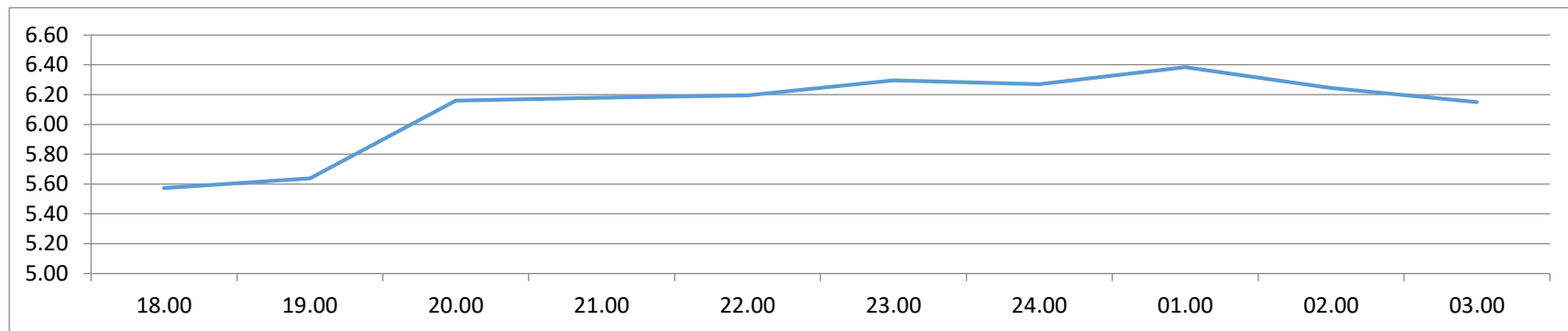


Resultados de medición de velocidad del viento

Fuente: Mediciones Realizadas

Tabla 21

Día: 01 Junio 2017	Velocidad del viento a 12metros de altura (m/s)									
	Hora de Medición									
	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00
Primera Medición	5,56	5,67	6,14	6,17	6,25	6,31	6,33	6,45	6,27	6,17
Segunda Medición	5,59	5,61	6,18	6,19	6,14	6,28	6,21	6,32	6,22	6,13
Promedio	5,57	5,64	6,16	6,18	6,19	6,30	6,27	6,38	6,25	6,15



Resultados de medición de velocidad del viento

Fuente: Mediciones Realizadas

3.2.2. Análisis de Weibull para las velocidades del viento

Análisis Probabilístico de Weibull para determinar el valor de la velocidad del viento, para el diseño de la turbina eólica.

Para analizar la probabilidad de ocurrencia de los valores de velocidad del viento, se realiza para las horas entre las 18.00 y las 03.00 por cada de nivel de velocidad de las dos alturas de medición en diferente mes.

Se realiza el análisis en el mes en donde los valores de velocidad del viento es la menor, para este caso es el mes de Febrero.

Probabilidad de Niveles de velocidad de viento

Con el uso del software libre (Microsoft Excel), se realiza el análisis de weibull, con los datos:

El procedimiento se realiza:

- a) Mediante la ecuación $Rango = ((Mx - 0.3) / (N + 0.4))$, se determina la mediana de la lista de observaciones, donde Mx , es la medida del valor de velocidad del viento en la posición x y N , es el número de observaciones durante las 10 horas de medición.
- b) La función de Weibull, expresado en función exponencial, se resuelve linealizando los ejes cartesianos, mediante el logaritmo de la función, tanto para el x como para el eje y , que finalmente constituyen puntos que se enmarcan en una ecuación de la recta. (Mejía, 2014, p.4)
- c) En el eje Y , queda la expresión de $\ln(\ln(1/(1 - \text{Median Rank})))$, y en el eje X , los valores de las mediciones de velocidad del viento.

Tabla 22

Velocidad del viento a 10 metros de altura	Mediana	Rango de la Mediana	1/(Rango de la Mediana)	$\ln(\ln(1/(1-\text{Rango de la Mediana})))$	Ln (Velocidad del viento)
5.3	1	0.07	1.07	-2.66	1.67
5.4	2	0.16	1.20	-1.72	1.69
6.0	3	0.26	1.35	-1.20	1.79
6.0	4	0.36	1.55	-0.82	1.79
6.0	5	0.45	1.82	-0.51	1.80
6.1	6	0.55	2.21	-0.23	1.80
6.2	7	0.64	2.81	0.03	1.82
6.2	8	0.74	3.85	0.30	1.82
6.2	9	0.84	6.12	0.59	1.82
6.2	10	0.93	14.86	0.99	1.83

Fuente: Solver Microsoft Excel

Distribución de Weibull

En la tabla 24, en la primera columna se inserta los datos de la velocidad de viento, en éste caso las medidas a 10 metros de altura en el mes de febrero 2017, en la segunda columna se enumera en orden de menor a mayor para establecer el orden del número, en éste caso del 1 al 10; en la tercera columna se calcula el rango de la mediana, el cual se utiliza la ecuación $((Mx-0.3)/(N+0.4))$, siendo Mx la medición realizada y N el número de mediciones. Luego se determina los valores de los logaritmos de éstos valores, como son: $\ln(\ln(1/(1-\text{Rango de la Mediana})))$ y $\ln(\text{Velocidad del viento})$

La solución de la probabilidad de weibull, se desarrolla por el método de los mínimos cuadrados, en el cual se convierte la función logarítmica en función lineal mediante la ecuación dos veces exponencial, para lo cual se utiliza el comando solver del Microsoft Excel.

El parámetro beta, como su nombre indica, determina la forma — o perfil— de la distribución, la cual es función del valor de éste.

El parámetro theta indica la escala de la distribución, es decir, muestra que tan aguda o plana es la función.

El parámetro de forma, β , es la pendiente de la recta de regresión.

El parámetro de escala, θ , está en función del intercepto b de la recta de regresión y del parámetro de escala; por lo tanto:

$$b = -\beta \ln \theta$$

$$\Rightarrow -\frac{b}{\beta} = \ln \theta$$

$$\therefore \theta = e^{-\frac{b}{\beta}}$$

Reemplazando valores, se tiene:

Beta (parametro pendiente) =	18.54
Eta (Caracteristica vida) =	6

En función a ello, se tiene la siguiente tabla de probabilidad de ocurrencia de que suceda el evento

Tabla 23

Fuente: Solver Microsof Excel

Velocidad del viento (m/s)	Probabilidad ocurrencia (%)
5.33	92.36
5.42	89.72
5.96	53.22
6.01	47.88
6.04	44.59
6.06	42.37
6.15	32.35
6.16	31.25
6.20	26.94
6.23	23.83

Probabilidad de ocurrencia con análisis Weibull

Interpretación:

Según el análisis probabilístico de weibull, entre las 18.00 y las 03.00 horas, del mes de menor valor de velocidad de viento a 10 metros de altura, se tiene una probabilidad de 92.36% que el nivel de velocidad del viento sea de 5.33 m/s, que resulta siendo el valor más bajo a esa hora de inicio de las mediciones realizadas, con lo cual a esa velocidad del viento el aerogenerador girará dentro de un rango adecuado. Los aerogeneradores según los fabricantes, deben de girar con una velocidad de viento igual a 5m/s.

De la misma forma se determina la probabilidad de ocurrencia del evento de velocidad del viento a 12 m/s.

Tabla 24

Velocidad del viento	Mediana	Median Ranks	$1/(1-\text{Median Rank})$	$\ln(\ln(1/(1-\text{Median Rank})))$	$\ln(\text{Velocidad del viento})$
5.43	1	0.07	1.07	-2.66	1.69
5.49	2	0.16	1.20	-1.72	1.70
6.02	3	0.26	1.35	-1.20	1.80
6.11	4	0.36	1.55	-0.82	1.81
6.13	5	0.45	1.82	-0.51	1.81
6.14	6	0.55	2.21	-0.23	1.81
6.14	7	0.64	2.81	0.03	1.81
6.17	8	0.74	3.85	0.30	1.82
6.24	9	0.84	6.12	0.59	1.83
6.27	10	0.93	14.86	0.99	1.84

Distribución de Weibull

Beta (parametro pendiente) =	19.400
Eta (Caracteristica vida) =	6.170

Fuente: Solver Microsof Excel

Tabla 25

Fuente: Solver Microsof Excel

Velocidad del viento (m/s)	Probabilidad ocurrencia (%)
5.43	91.96
5.49	90.14
6.02	53.78
6.11	43.72
6.13	41.42
6.14	40.26
6.14	40.26
6.17	36.79
6.24	28.80
6.27	25.51

Resultado de análisis probabilístico de Weibull

Interpretación:

Según el análisis probabilístico de weibull, entre las 18.00 y las 03.00 horas, del mes de menor valor de velocidad de viento a 12 metros de altura, se tiene una probabilidad de 91.96% que el nivel de velocidad del viento sea de 5.43 m/s, que resulta siendo el valor más bajo a esa hora de inicio de las mediciones realizadas, con lo cual a esa velocidad del viento el aerogenerador girará dentro de un rango adecuado. Los aerogeneradores según los fabricantes, deben de girar con una velocidad de viento igual a 5m/s.

Del análisis de Weibull, se puede concluir que el 91.96% de probabilidad de la velocidad del viento de 5.43m/s; por lo tanto la velocidad de diseño que se garantiza es para una velocidad de giro de 5.3 m/s.

3.3 SELECCIONAR LOS COMPONENTES DEL SISTEMA EÓLICO.

Teniendo en cuenta las características del recurso eólico $V = 5,43 \text{ m/s}$ en la Hacienda El Triunfo, Departamento de La Libertad y los requerimientos de Energía Eléctrica que es de 34375 kW-h por día, y la Máxima Demanda proyectada es de 6.509 Kw, en el año 20 de proyección. La capacidad de la turbina eólica será mayor de 6.509 KW, es decir de 7 KW.

Generador eléctrico de imanes permanentes

“Los imanes permanentes son los que generan un campo de excitación, siendo de dirección constante, éstos son de mayor eficiencia comparado a los devanados de excitación” (Chapman, 2009, p.125).

Para el caso de los imanes permanentes se establece la denominada Ecuación de carga, la cual se define de la siguiente forma:

$$B_m = \mu \cdot \frac{A_g}{A_m} \cdot \frac{2t}{l_g} \cdot H_m$$

Siendo:

B_g: Densidad de campo magnético promedio dentro del entrehierro

A_g: Sección transversal promedio del entrehierro

B_m: Densidad de Campo magnético en la superficie del imán

A_m: Sección transversal del imán

μ: Permeabilidad magnética del núcleo (aire)

H_m: Intensidad de campo magnético en la superficie del imán

Para el siguiente paso se define una geometría de referencia del imán, el cual da el punto de partida para los cálculos; estas dimensiones serán recalculadas posteriormente según el requerimiento.

$$\mu = 4.\pi.10^{-7}$$

$$t = 8.10^{-3} \text{ m}$$

$$a = 50.10^{-3} \text{ m}$$

$$b = 50.10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Área de la cara del imán: } A_m = a \cdot b = 2.5.10^{-3} \text{ m}^2$$

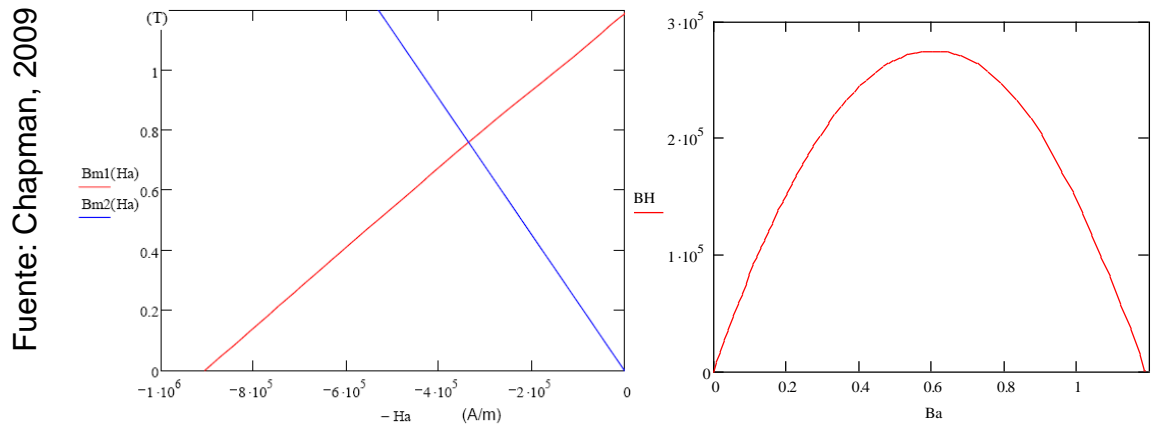
$$\text{Entrehierro: distancia entre los imanes: } l_g = 15.10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Área transversal del entrehierro, considerando efecto de borde: } A_g = (a + l_g) \cdot (b + l_g) = 4.225.10^{-3} \text{ m}^2$$

La geometría de diseño es óptima si los imanes trabajan en su punto máximo de operación (HB) max, para determinarlo se hace la intersección de las curvas de magnetización del tipo de imán a utilizar y la curva de carga.

La curva de rojo representa la curva de magnetización, característico para imán tipo NdFeB N35 (para cada tipo de imán existe una curva característica diferente). La curva de azul es la curva de carga según la ecuación B_m para las dimensiones tomadas como referencia.

Figura 11



Intersección de la curva de magnetización y curva de carga; curva de transferencia de energía de imán

En el presente caso el punto de operación está prácticamente en el punto de máxima transferencia de energía; de no ser así se debe modificar las dimensiones de los imanes o del entrehierro, para tener un mejor circuito magnético. Se obtiene los siguientes resultados:

$$B_m = 0.761 \text{ T}$$

$$H_m = 3.361 \cdot 10^5 \text{ A/m}$$

$$\text{Densidad de campo dentro del núcleo de aire: } B_g = \frac{A_m}{A_g} \cdot B_m = 0.45 \text{ T}$$

Cálculo de los voltajes máximos

Los parámetros de entrada requeridos para nuestro diseño son:

Velocidad de giro del rotor: 300 rpm

Voltaje de salida: 24 V DC

Número de pares de polos: 16

Frecuencia del voltaje inducido: $f = \frac{300 \cdot 16}{120} = 40 \text{ Hz}$; siendo la velocidad angular del voltaje inducido $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$

Número de espiras por fase: $N_c = 160$

Número de bobinas por fase: $M_b = 8$

Número de espiras por bobina: $N_b = \frac{N_c}{M_b} = 20$

Se asume inicialmente un área del núcleo de aire del bobinado. El cálculo del voltaje máximo de fase se realiza en vacío, es decir sin colocar ninguna carga al generador

Área del núcleo de aire: $A_n = 1367 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

Voltaje eficaz de Fase: $V_f := 4.44 \cdot N_c \cdot B_g \cdot A_n \cdot f = 17.5 \text{ V}$

Voltaje máximo de fase: $V_{fm} = \sqrt{2} \cdot V_f = 24.749 \text{ V}$

Voltaje máximo de línea en vacío: $V_{lmo} = \sqrt{3} \cdot V_{fm} = 42.866 \text{ V}$

Cálculo de la corriente eficaz de línea

Dado que se requiere una potencia máxima específica, no conociendo la caída de voltaje debido a la impedancia del conductor, se asume que el voltaje de vacío será el voltaje de carga, verificándose al final. Entonces se tendrá un valor inicial de la corriente de la carga:

Potencia asumida para el cálculo: $Pot := 7000 \text{ W}$

Voltaje eficaz de línea: $V_{ef} = \frac{24}{\sqrt{2}} = 16.971 \text{ V}$

Corriente eficaz de línea y de fase: $I = \frac{Pot}{\sqrt{3} \cdot V_{ef}} = 204.36 \text{ A}$

Cálculo del circuito eléctrico equivalente

Rin: Radio interior del imán

Rout: Radio exterior del imán

kw1: Factor de enrollamiento, Kw1=1

m1: Número de fases, m1=3

P: Número de polos

Nc: Número de espiras por fase

I: Corriente en el estator

g: Entrehierro

kfd: Factor de forma en dirección d, kfd = 1.2

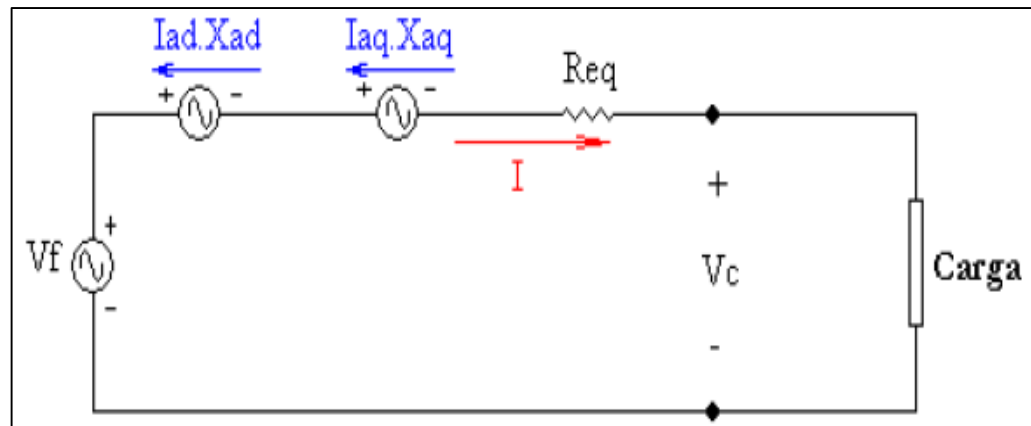
k_{fq} : Factor de forma en dirección q, $k_{fq} = 1.2$

X_{ad} : Reactancia del eje directo

X_{aq} : Reactancia de eje en cuadratura

Figura 12

Fuente:
Chapman,
2009



Circuito eléctrico equivalente del generador

Figura 13

Fuente: Chapman,
2009

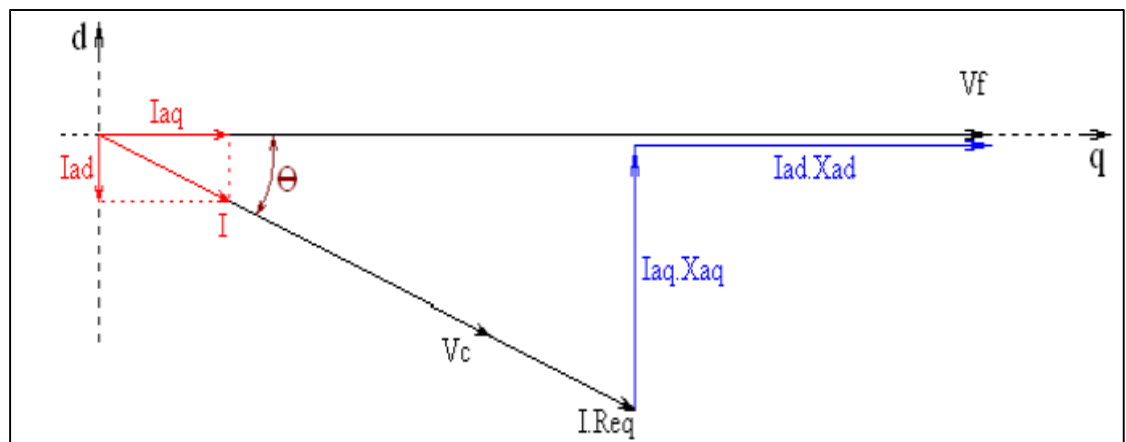


Diagrama fasorial del circuito

$$R_{eq} = \frac{\rho * L}{A_c} = 0.2569 \Omega \quad \text{Resistencia equivalente del cable por fase}$$

$$X_{ad} = 2.m.l.\mu.f \left(\frac{N_c.kw.l}{P} \right)^2 \left(\frac{R_{out}^2 - R_{in}^2}{lg.l} \right).kfd = 0.025 \Omega$$

$$X_{aq} = 2.m.l.\mu.f \left(\frac{N_c.kw.l}{P} \right)^2 \left(\frac{R_{out}^2 - R_{in}^2}{lg.q} \right).kfq = 0.019 \Omega$$

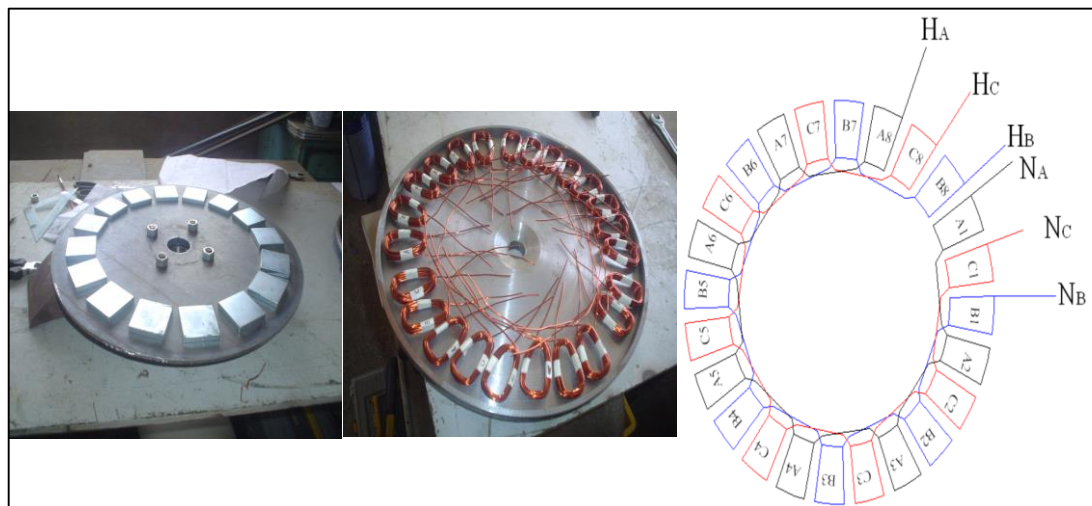
Voltaje eficaz en la carga por fase: $V_c = 12.25 \text{ V}$

Voltaje máximo de línea: $V_{ml} = \sqrt{6} * V_c = 30.006 \text{ V}$

Potencia de la carga: $Sc = 3.V_c.I = 7000 \text{ W}$

Figura 14

Fuente:
Chapman,
2009



Distribución de los imanes en un disco - distribución de las bobinas en el molde - forma de conexión de las bobinas

Turbina eólica

El diseño del alabe está basado en la teoría del ala, utilizando un perfil estandarizado para las secciones de los alabes. Para el cálculo de las dimensiones del rotor se ha empleado las ecuaciones aerodinámicas:

Área del Barrido Circular

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Donde:

$$\pi = 3.1416$$

D = diámetro del rotor (m)

$$A = \frac{3,1416 \times 10^2}{4}$$

$$A = 78.54 \text{ m}^2$$

Potencia (W)

$$PV = \frac{\pi}{8} \delta \times D^2 \times v^3$$

Dónde:

Pv = Potencia del viento (w)

δ = Densidad del aire (kg/m³)

$$\pi = 3.1416$$

$D = \text{diámetro del rotor (m)}$

$V = \text{Velocidad del viento (m/s)}$

$$P_v = \frac{3,1416}{8} \times 1,225 \times 10^2 \times 5.3^3$$

$$P_v = 7161.78 \text{ W}$$

Cálculo de la sección del álabes y selección del perfil

Para el cálculo de la sección del álabes se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\left. \begin{aligned} \lambda_r &= \frac{\lambda}{R} \\ \phi &= \frac{2}{3} \cdot \arctan\left(\frac{1}{\lambda_r}\right) \\ C &= \frac{8 \cdot \pi \cdot r (1 - \cos \phi)}{z \cdot C_1} \\ \beta &= \phi - \alpha \\ N &= \frac{w \cdot c}{\mu} \quad (N \text{ de Reynolds}) \end{aligned} \right\}$$

Donde:

λ_r : Celeridad local para el radio r

λ : Celeridad de diseño

r : Distancia del centro del rotor a la sección evaluada (m)

R : Radio de la turbina (m)

β : Angulo formado por la velocidad relativa con el plano de giro del rotor

C: Cuerda de la sección del álabe

z: Número de álabes o palas

C_i : Coeficiente de sustentación del álabe

ϕ : Angulo formado por el álabe con el plano de giro

α : Angulo de ataque, tomado del perfil seleccionado

w: Velocidad relativa al perfil m/s

μ : Viscosidad cinemática del aire

En resumen, los parámetros de diseño considerados son los siguientes:

Potencia eléctrica: 7000 W

Velocidad de nominal de diseño: 5.3 m/s

Perfil utilizado: NACA 4412

Numero de palas: 3

λ : 6.5

RPM: 300

C_{p1} : 0.35

$C_l : 0.8$

Eficiencia de transmisión (η_t): 1 (transmisión directa)

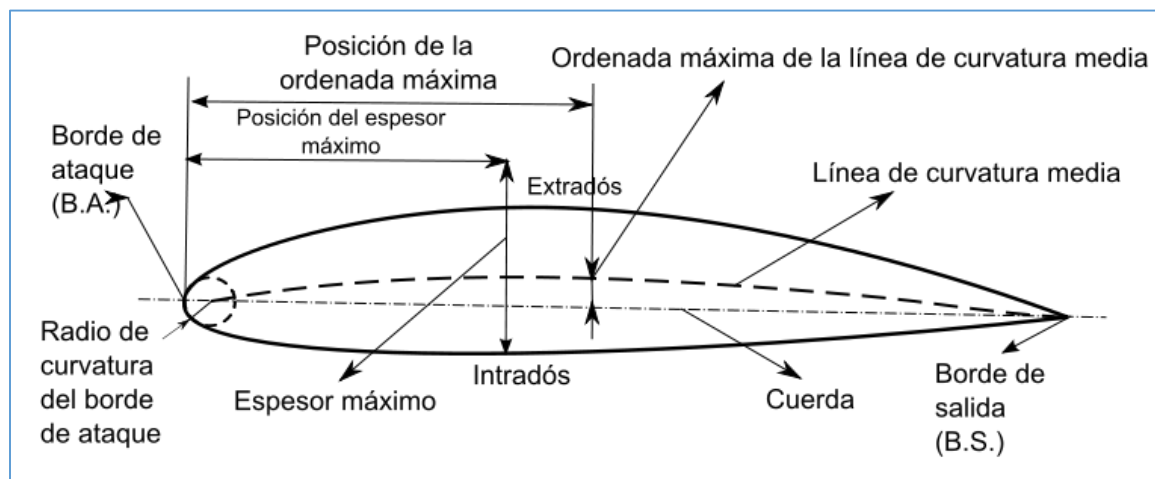
ρ : $1,2 \text{ kg/m}^3$

α : 5°

Utilizando las diferentes relaciones anteriores, los resultados para cada uno de las secciones de los álabes dan valores no lineales, tanto para las cuerdas del perfil como para el ángulo de posición; ello requiere elementos de fabricación complejos y costosos. Para simplificar el proceso se hace una linealización del álabe, que consiste en transformar la cuerda (C) y el ángulo (β) en parámetros lineales en función de la posición del radio. De acuerdo a recomendaciones, se toman puntos de paso $r = 0.5R$ y $r = 0.9R$, con lo que se tiene los valores definitivos de la cuerda y el ángulo para la construcción del molde.

Geometría de la Pala

Figura 15



Geometría del ala del aerogenerador

Selección del Banco de Baterías.

El banco de baterías a seleccionar está de acuerdo a la cantidad de energía que éste almacene y la cantidad de energía que se requiere.

La cantidad de energía que se requiere es de 25492 Watt – Hora por día en el primer año y de 34375.40 Watt - hora para el año 20 de Proyección.

Se selecciona una batería de 100 A-H, de 48 voltios, es decir que en una hora entregará la corriente de 100 amperios.

La potencia eléctrica será de $100 \times 48 = 4800$ Watt en una hora.

Para satisfacer la demanda de energía en el año 1 de proyección para los 25492 Watt –hora, se requiere:

$$25492 / 4800 = 5.31 \text{ Baterías de 100 Amperios horas.}$$

Para el año 20 de proyección se requerirá de

$$34375.40 / 4800 = 7.16 \text{ Baterías.}$$

De acuerdo a la proyección de consumo de energía, desde el año 1 hasta el 8 se requiere 6 baterías, desde el año 15 se requiere 7 baterías, y desde el año 15 al 20 se requiere 8 baterías de 100 amperios horas y 48 Voltios.

3.3. Realizar la evaluación económica del proyecto, utilizando indicadores tales como valor actual neto, tasa interna de retorno, y relación beneficio costo.

3.4.1. Costo de la Inversión.

La inversión del proyecto de uso de la energía eólica, para el suministro de energía, se muestra en la tabla 15.

Tabla 26

Fuente: Autoría Propia

Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio Total (S/.)
Estructura base del aerogenerador de perfil angular de Fe de 2"x2" x1/4"	Unidad	1	540	540
Turbina Eólica diámetro 7000 Watt	Unidad	1	2400	2400
Alternador eléctrico con imanes permanentes, de 220 Voltios, 360 RPM, 7 Kw	Unidad	1	2750	2750
Caja Reductora de velocidad	Unidad	1	1750	1750
Cubierta metálica del aerogenerador, con plancha galvanizada de 1/20"	Metros	1	400	400
Cable 14 AWG	Metros	20	1.4	28
Regulador de tensión	Conjunto	1	450	450
Tablero eléctrico (incluye llave termomagnética 20 A	Conjunto	1	560	560
Batería de 100 A-h y 48 Voltios	Unidad	6	140	840
Mano de Obra	Unidad	1	1300	1300
Total (S/.)				11018

Costo de la Inversión

3.4.2. Ingresos económicos del Proyecto.

La facturación mensual que correspondería a éstos usuarios, si utilizaran energía procedente del SEIN, sería de 40 Soles mensuales por vivienda, por lo tanto los ingresos sería: $40 \times N^{\circ} \text{ Viviendas} = 40 \times 14 = 560$ Soles Mensuales

3.4.3. Egresos del proyecto.

Costo de Mantenimiento.

Para el caso del costo de mantenimiento preventivo, que consiste en la limpieza, verificación de elementos, ajuste de los accesorios, entre otros, representan el 5% Anual del costo de la inversión del proyecto, es decir $0.05 \times 11018 = 550.9$ Soles Anuales

3.4.4. Flujo de caja del proyecto.

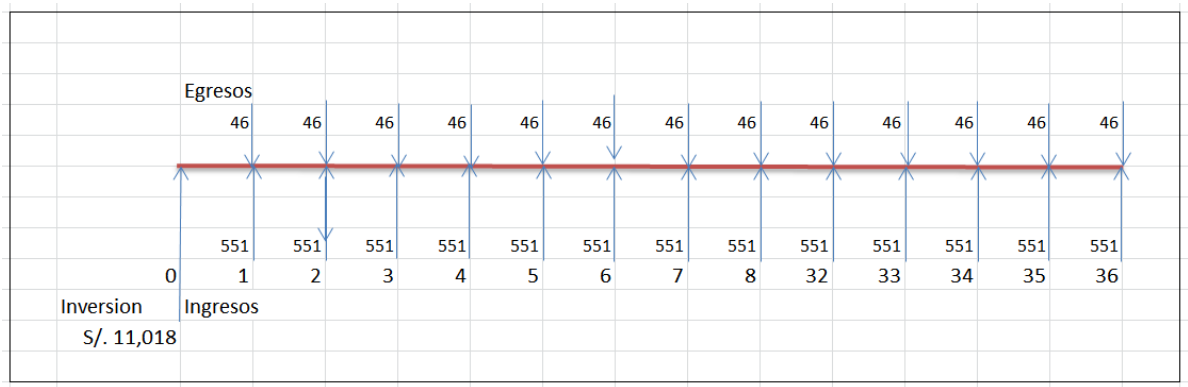
El flujo de caja se realiza con todos los ingresos, egresos e inversión inicial del proyecto, se analiza en el tiempo de 36 meses, debido a que es un proyecto de mediano plazo, tal como se detalla en la tabla

Tabla 27

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	33	34	35	36
Inversión Inicial (S/.)	11018												
Ingresos (S/.)		551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551
Egresos (S/.)		46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
Utilidad: Ingresos - Egresos (S/.)		505	505	505	505	505	505	505	505	505	505	505	505

Flujo de Caja

Figura 16. Flujo de caja



Flujo de caja del proyecto de inversión

3.4.5. Análisis con indicadores económicos.

Valor Actual Neto

Los valores de los ingresos y egresos mensuales, llevándolos al mes cero, donde se inicial el proyecto, con una tasa de interés social de 0.5% Mensual. Se considera una tasa de interés social, debido a que es un proyecto donde el beneficiario es el estado mismo, a través del beneficio de la población.

Utilidad actualizada al tiempo 0:

$$Ia = \frac{In * [(1 + i)^n - 1]}{[i * (1 + i)^n]}$$

Dónde:

Ia: Utilidad actualizada al mes 0.

In: Utilidad Mensual (Ingresos – Egresos): S/. 505

i:Tasa de Interés: 0.5% Mensual

n: Número de Meses: 36

Reemplazando valores, para lo cual utilizamos el comando VNA, del Software Microsoft Excel:

Tabla 28

Mes	Utilidad Mensual (S/.)
1	505
2	505
3	505
4	505
5	505
6	505
7	505
8	505
9	505
10	505
11	505
12	505
13	505
14	505
15	505
16	505
17	505
18	505
19	505
20	505
21	505
22	505
23	505
24	505
25	505
26	505
27	505
28	505
29	505
30	505

Fuente: Hoja de cálculo. comando

31	505
32	505
33	505
34	505
35	505
36	505
	VNA(0.005,133:168)
	S/. 16,599.86

Cálculo del Valor Actual Neto

Se obtiene: Ia = S/. 16599.86

Por lo tanto el valor actual neto es la diferencia entre la utilidad actualizada del proyecto (Ia) y el valor de la inversión: 16599.86 - 11018 = S/. 5581.86

Tasa Interna de Retorno

Para calcular la tasa interno de retorno, se determina haciendo que los ingresos actualizados con una tasa de interés a determinar es igual a la inversión inicial del proyecto.

$$Inv = \frac{In * [(1 + TIR)^n - 1]}{[TIR * (1 + TIR)^n]}$$

Dónde:

Inv: Inversión Inicial S/.11018

Ia: S/. 505 de Utilidades Mensuales

TIR: Tasa Interna de Retorno.

n; Número de meses: 36

Tabla 29

Fuente: Hoja de cálculo, comando TIR

Mes	Utilidad Mensual (S/.)
Inversión	-11018
1	505
2	505
3	505
4	505
5	505
6	505
7	505
8	505
9	505
10	505
11	505
12	505
13	505
14	505
15	505
16	505
17	505
18	505
19	505
20	505
21	505
22	505
23	505
24	505
25	505
26	505
27	505
28	505
29	505
30	505
31	505
32	505
33	505
34	505
35	505
36	505
	TIR(I33:I69)
	3%.

Cálculo de la Tasa Interna de Retorno

Reemplazando valores, y mediante una metodología de aproximaciones o utilizando el software Microsoft Excel, se calcula el valor del TIR, siendo éste igual a 3% mensual, que representa un valor superior a la tasa de interés mensual que oscila al 0.5% mensual.

Relación Beneficio Costo

La relación beneficio / costo está dado por:

$B/C = \text{Utilidades Actualizadas al mes 0} / \text{Inversión inicial del Proyecto}$

Reemplazando valores : 16599.86 /11018, es de 1.50

La amortización mensual por el pago del préstamo a una entidad Bancaria de 11018 Soles, se realiza el análisis financiero para el periodo de 36 meses, en el cual la cuota fija mensual de pago del préstamo es de 322.85 Soles:

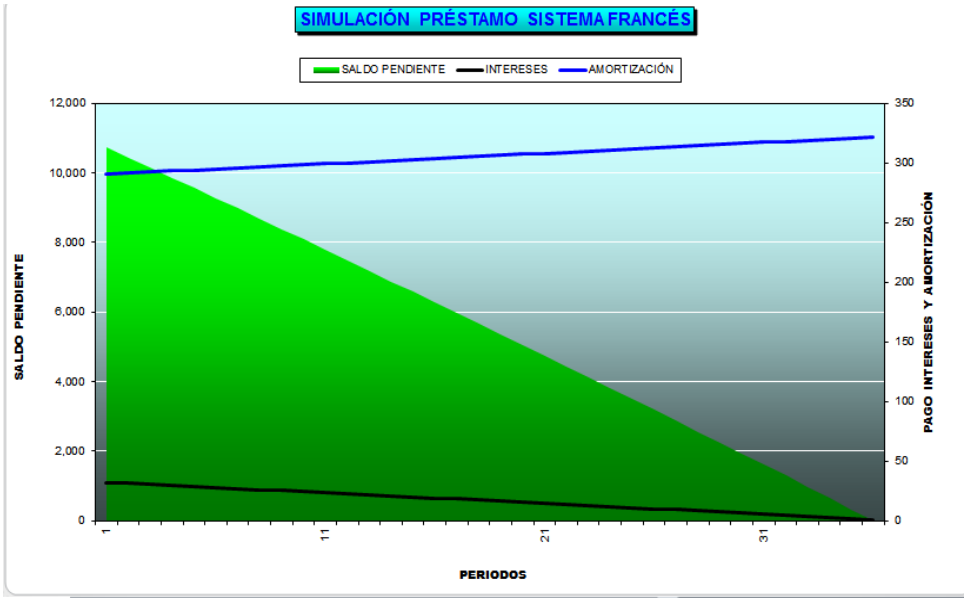
Tabla 30

Fuente: Hoja de cálculo, Excel	MESES	INTERESES S/.	AMORTIZACIÓN S/.	PAGO TOTAL S/.	SALDO PENDIENTE S/.
	0			0.00	11018.00
	1	32.14	290.71	322.85	10727.29
	2	31.29	291.56	322.85	10435.72
	3	30.44	292.41	322.85	10143.31
	4	29.58	293.27	322.85	9850.04
	5	28.73	294.12	322.85	9555.92
	6	27.87	294.98	322.85	9260.94
	7	27.01	295.84	322.85	8965.11
	8	26.15	296.70	322.85	8668.40
	9	25.28	297.57	322.85	8370.84
	10	24.41	298.44	322.85	8072.40
	11	23.54	299.31	322.85	7773.09
	12	22.67	300.18	322.85	7472.92
	13	21.80	301.05	322.85	7171.86

14	20.92	301.93	322.85	6869.93
15	20.04	302.81	322.85	6567.12
16	19.15	303.70	322.85	6263.42
17	18.27	304.58	322.85	5958.84
18	17.38	305.47	322.85	5653.37
19	16.49	306.36	322.85	5347.01
20	15.60	307.25	322.85	5039.75
21	14.70	308.15	322.85	4731.60
22	13.80	309.05	322.85	4422.55
23	12.90	309.95	322.85	4112.60
24	12.00	310.86	322.85	3801.74
25	11.09	311.76	322.85	3489.98
26	10.18	312.67	322.85	3177.31
27	9.27	313.58	322.85	2863.73
28	8.35	314.50	322.85	2549.23
29	7.44	315.42	322.85	2233.82
30	6.52	316.34	322.85	1917.48
31	5.59	317.26	322.85	1600.22
32	4.67	318.18	322.85	1282.04
33	3.74	319.11	322.85	962.93
34	2.81	320.04	322.85	642.89
35	1.88	320.98	322.85	321.91
36	0.94	321.91	322.85	0.00

Cuadro de amortización reducción cuota

Figura 17



Evolución financiera del saldo del capital, intereses y amortización

VI. DISCUSIÓN

- La evaluación de la máxima demanda y la proyectada, en función al crecimiento demográfico es coherente, sin embargo la potencia instalada de cada equipo tiende a disminuir debido a la mayor eficiencia que poseen. Cada poblador consume energía en función a la actividad que desarrolla, siendo tangible esto debido a que sus actividades tienden a realizarse usando energía eléctrica para los múltiples artefactos que utiliza.
- El análisis de velocidades de viento, mediante la distribución de weibull, nos permite determinar la probabilidad de que vuelva a ocurrir un valor dentro de una serie de valores en el mismo periodo; en realidad nos da un porcentaje probabilístico, y si es mayor al 90%, se puede decir que es una alta posibilidad que nuevamente ocurra un valor de la velocidad del viento.
- La selección de los componentes del sistema, toma en cuenta el potencial eólico y la demanda de energía, debido a que en éstos sistemas eólicos en donde existe cierta inestabilidad de los valores de velocidad del viento, y la energía que se produce se almacena en periodo de tiempo máximo de 2 días, que para el sector es aplicable por las condiciones de utilización de la energía durante el día de actividades.
- Un proyecto de índole social, toma tasas de interés denominadas tasas de interés social, muy por debajo al del interés de un proyecto de inversión; las tasas oscilan entre 4 y 6% anual, comparado al 15 y 20% anual de un proyecto privado. El beneficiario es el poblador a través del estado y de esa manera el estado cumple la función de velar por las poblaciones que no han alcanzado el desarrollo y aún tienen condiciones de extrema pobreza.

V. CONCLUSIONES

- Se hizo la evaluación de la máxima demanda y de la proyección en 20 años, siendo de 4817 Watt y de 25492 Watt – hora para el primer año de proyección y de 6509.6 Watt y de 34375 Watt – Hora en el año 20 de proyección, en función al crecimiento demográfico de la población.
- Se determinó el potencial eólico de la zona a través de la medición de las velocidades de viento, que entre las 18.00 y 03.00 horas alcanzan valores en donde se aprovecha la energía del viento, con valores entre 5 y 6 m/s. Del análisis de Weibull, se puede concluir que el 91.96% de probabilidad de la velocidad del viento de 5.43m/s; por lo tanto la velocidad de diseño que se garantiza es para una velocidad de giro de 5.3 m/s.
- Se seleccionó el aerogenerador de 7 KW, en el cual se detallas sus principales dimensiones, así como también del banco de baterías que almacena la energía eléctrica, siendo 6 baterías de 100 A –h al inicio del proyecto y de 8 al final.
- El valor actual neto es de 5581.86, la tasa interna de retorno del 3% y la relación beneficio costo de 1.5, siendo la inversión de 11018 Soles, datos que hacen factible la ejecución del mismo.

VI. RECOMENDACIONES

6.1. El uso de la energía eólica en combinación con la energía solar, hace que el sistema sea estable, por lo que se recomienda realizar el estudio del potencial de radiación solar.

6.2. Las baterías de litio son las que acumulan mayor cantidad de energía en menor espacio, por lo tanto, su utilización en los sistemas eólicos es una ventaja, sin embargo, por el alto costo no es factible su uso.

6.3. La capacitación por parte de los mismos usuarios, en cuanto al mantenimiento de los dispositivos que componen la energía solar, disminuyen los costos de mantenimiento, así como también incentivan al ahorro de energía.

ANEXOS

Anexo 1. Guía De Observación.

MEDICION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO A 10 METROS DE ALTURA

TESIS: “DISEÑO DE SISTEMA EOLICO PARA SUMINISTRAR ENERGIA ELECTRICA EN LA HACIENDA EL TRIUNFO - LA LIBERTAD, 2018”

AUTOR: JORGE LUIS RAMOS CORREA

Día:	Velocidad del viento a 10 metros de altura (m/s)									
	Hora de Medición									
	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00
Primera Medición										
Segunda Medición										
Promedio										

Anexo 2. Guía De Observación.

MEDICION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO A 12 METROS DE ALTURA

TESIS: “DISEÑO DE SISTEMA EOLICO PARA SUMINISTRAR ENERGIA ELECTRICA EN LA HACIENDA EL TRIUNFO - LA LIBERTAD, 2018”

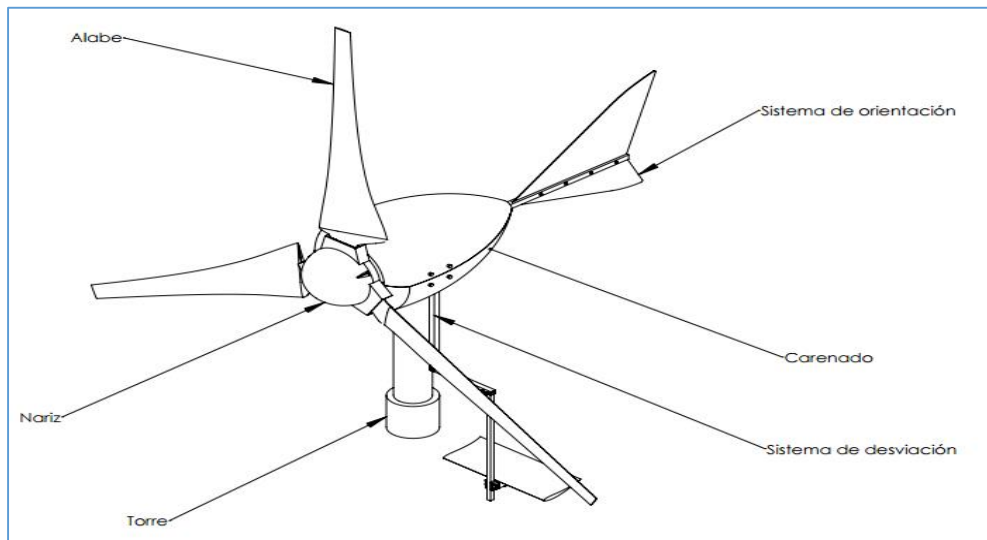
AUTOR: JORGE LUIS RAMOS CORREA

Día:	Velocidad del viento a 10 metros de altura (m/s)									
	Hora de Medición									
	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00
Primera Medición										
Segunda Medición										
Promedio										

Dimensionamiento del álabe del aerogenerador.

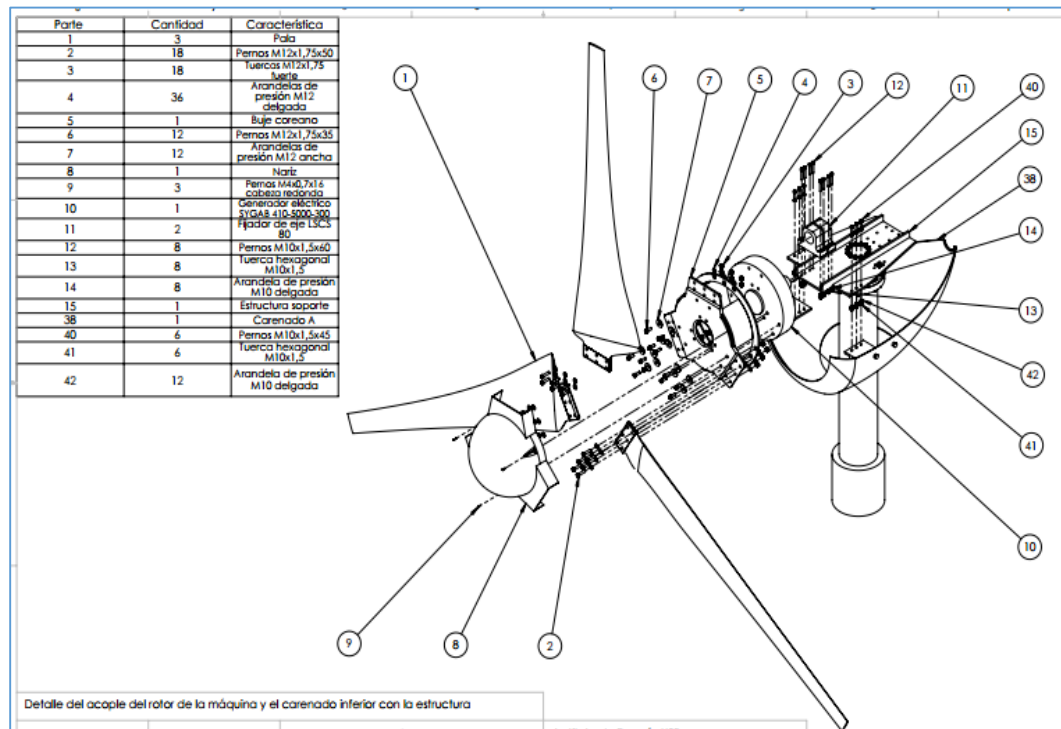
Para la fabricación del molde es necesario dividir la longitud de pala en diferentes secciones cada radio tendrá una cuerda y un ángulo de posición. Características del perfil NACA 4412 se obtiene la geometría de cada sección, que son dibujados a escala real con la finalidad de elaborar las plantillas.

Figura 18



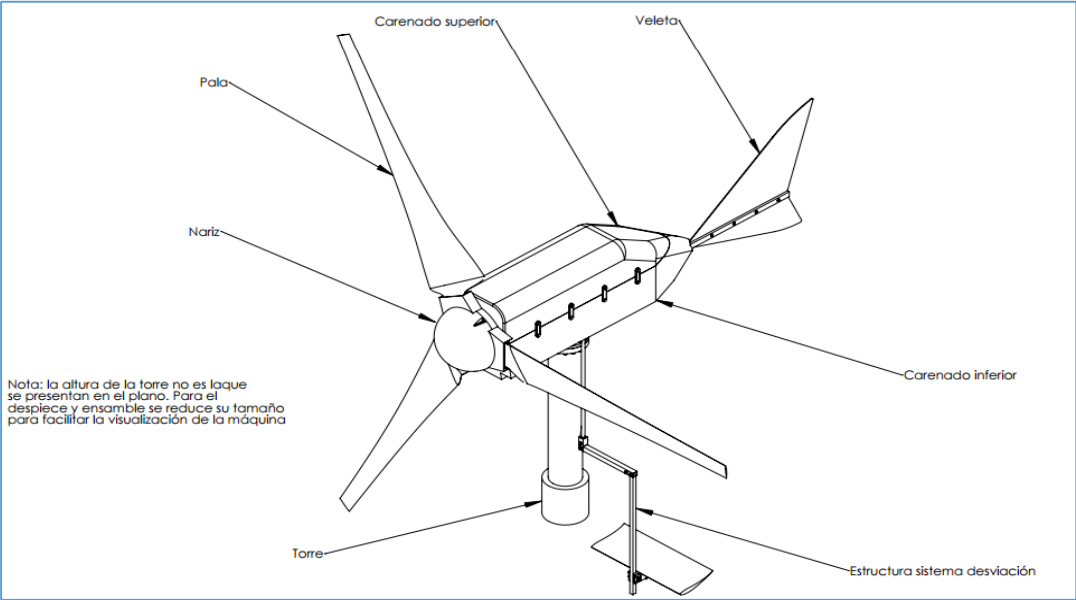
Aerogenerador de 3 álabes.

Figura 19



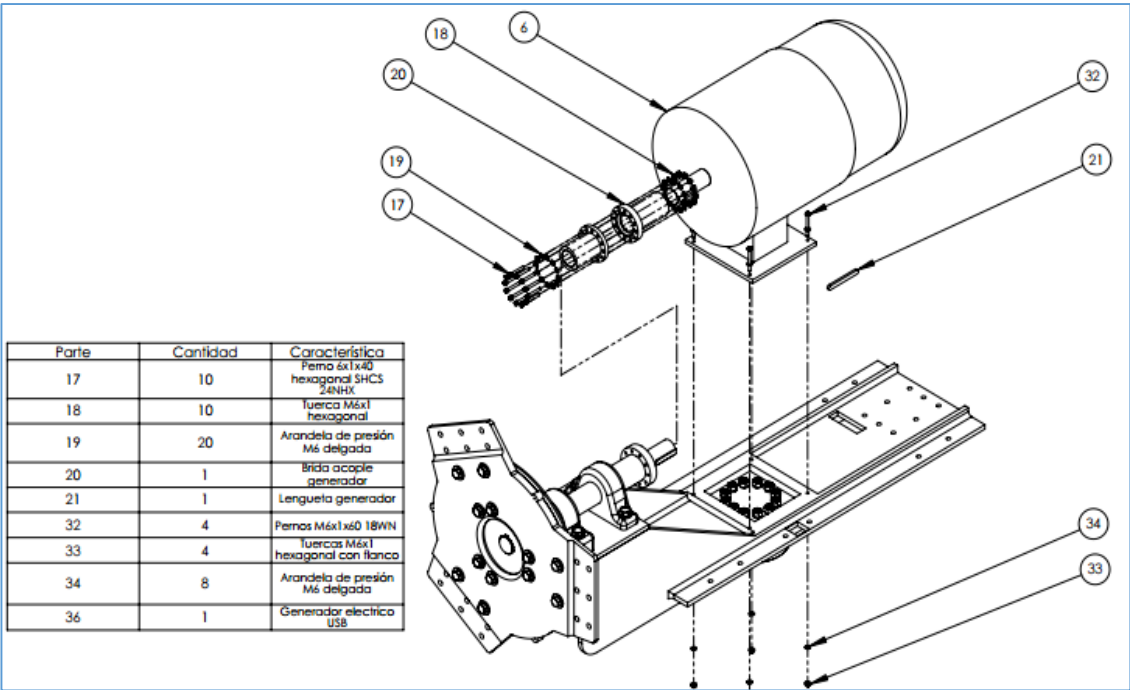
Componentes electromecánicos del aerogenerador.

Figura 20



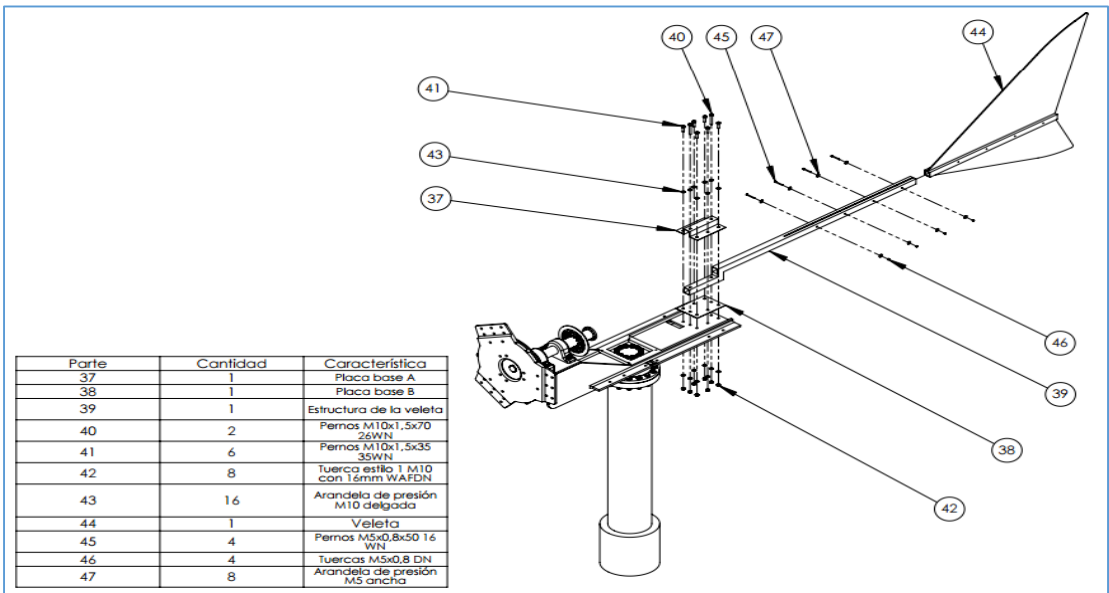
Componentes electromecánicos del aerogenerador.

Figura 21



Alternador eléctrico del aerogenerador

Figura 22



Soporte del aerogenerador

RESOLUCION DE VICERRECTORADO ACADEMICO N°.0011-2016-UCV-VA

Yo, MSC Ángel Marcelo Rojas Coronel, docente de la Facultad de ingeniería de UCV – Filial Chiclayo y revisor del trabajo académico (Tesis) titulado “DISEÑO DE SISTEMA EOLICO PARA SUMINISTRAR ENERGIA ELECTRICA EN LA HACIENDA EL TRIUNFO - LA LIBERTAD, 2018” del bachiller de la Escuela profesional de Ingeniería mecánica eléctrica:

JORGE LUIS RAMOS CORREA

Que el citado trabajo academico tiene un indice de similitud 24 %,verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, grado de coincidencias irrelevante que convierte el trabajo en aceptable y no constituye plagio, en tanto cumple con todas las normas del uso de citas y referencias establecidas por la universidad cesar vallejo.

Chiclayo, 11 de diciembre del 2018.



MSC. ÁNGEL MARCELO ROJAS CORONEL
Docente de la facultad de ingeniería de Ucv



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Ramos Correa Jorge Luis

D.N.I. : 70910366

Domicilio : Calle San Martín N° 447 - Pacasmayo - La Libertad

Teléfono : Fijo : Móvil : 962167837

E-mail : j.ramos.c.1991@gmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

☒ Tesis de Pregrado

Facultad : DE INGENIERIA

Escuela : INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

Carrera : INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

Título : INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

☐ Tesis de Post Grado

☐ Maestría

☐ Doctorado

Grado :

Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Ramos Correa Jorge Luis

Título de la tesis:

DISEÑO DE SISTEMA ZONADO PARA SUMINISTRAR ENERGIA
ELECTRICA EN LA HACIENDA EL TRIUNFO - LA LIBERTAD, 2018

Año de publicación : 2018

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



Firma :

Ramos

Fecha :

22 de marzo del 2019 -



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

E.P. INGENIERÍA TÉCNICA ELÉCTRICA

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

JORGE LUIS RAMOS CORREA.

INFORME TITULADO:

DISEÑO DE SISTEMA ELÉCTRICO PARA SUMINISTRAR ENERGÍA
ELÉCTRICA EN LA HACIENDA EL TRIUNFO - La Libertad, 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA

SUSTENTADO EN FECHA: 22-02-2019

NOTA O MENCIÓN: APROBADO POR MAYORÍA.



[Firma]
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN